

PEQUEÑAS GUIAS DE LA NATURALEZA

# FENOMENOS ATMOSFERICOS

Una guía para reconocer los diferentes  
fenómenos atmosféricos y  
comprender sus causas




libros  
**cúpula**

**BOSTON PUBLIC LIBRARY**  
**Copley Square**

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES	1
REPORTS	1
SYMPOSIUM	1
EDITORIAL	1
DEPARTMENTS	1
BOOK REVIEW	1
OBITUARY	1
NOTES	1
ANNOUNCEMENTS	1
INDEX	1
ADVERTISING	1



Digitized by the Internet Archive  
in 2017 with funding from  
Kahle/Austin Foundation



# FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS

Eleanor Lawrence y Borin van Loon

libros  
**cúpula**

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el registro en un sistema informático, ni la transmisión bajo cualquier forma o a través de cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación o por otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.



Título original: *Weather*

Traducción: Segundo Estévez.

© 1992 Atlantis Publications Ltd.

© Grupo Editorial Ceac, S.A., 1994.

Para la presente versión y edición en lengua castellana

Libros Cúpula es marca registrada por Grupo Editorial Ceac, S.A.

ISBN: 84-329-1689-7

Impreso en España - *Printed in Spain*

Grupo Editorial Ceac, S.A. Perú, 164 - 08020 Barcelona

# Sumario

<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>Cómo utilizar este libro</b>	<b>8</b>
<b>¿Qué es el tiempo?</b>	<b>11</b>
<b>Glosario</b>	<b>12</b>
<b>La atmósfera</b>	<b>14</b>
<b>Sistemas meteorológicos</b>	<b>26</b>
<b>Nubes</b>	<b>37</b>
<b>Precipitaciones: lluvia, nieve y granizo</b>	<b>68</b>
<b>Vientos</b>	<b>82</b>
<b>Fenómenos ópticos y eléctricos</b>	<b>93</b>
<b>Clima</b>	<b>102</b>
<b>Observación y previsión</b>	<b>112</b>
<b>Índice alfabético</b>	<b>122</b>

# Introducción

El tiempo atmosférico nos afecta a todos, pero rara vez nos paramos a considerar sus causas hasta que sus condiciones extremas colocan a las personas en situaciones de incomodidad o peligro. Huracanes, inundaciones y sequías ocupan las cabeceras de la prensa cuando llevan la tragedia a miles de personas. Son un recordatorio del poder de las fuerzas que generan el tiempo, que la mayoría de nosotros afortunadamente experimentamos de manera menos desagradable. Es imposible controlar el tiempo. Lo mejor que podemos hacer es estudiarlo cuidadosamente para prevenir lo que pueda traernos.

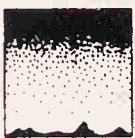
Seguir los cambios atmosféricos día a día y lograr conocer sus condiciones locales puede ser un pasatiempo fascinante y gratificante. Este libro ayuda a reconocer los diferentes tipos de tiempo y fenómenos atmosféricos y explica cómo se originan. El lector podrá mantener un registro del tiempo y, a medida que su conocimiento aumente, será capaz de reconocer por sí mismo los signos locales de que el tiempo está cambiando para mejor o para peor.

## Cómo utilizar este libro

El libro está dividido en ocho secciones: *La atmósfera*, *Sistemas meteorológicos*, *Nubes*, *Precipitaciones: lluvia, nieve y granizo*, *Vientos*, *Fenómenos ópticos y eléctricos*, *Clima*, *Observación y previsión*. Cada sección está indicada por una banda de color diferente en lo alto de la página junto con un símbolo de identificación. En la sección de *La atmósfera* se da una información básica para ayudar al lector a comprender cómo se produce el tiempo. En *Sistemas meteorológicos* se ilustran y explican los principales tipos de sistemas meteorológicos y el tiempo a ellos asociado. La sección de *Nubes* explica cómo se forman las nubes e ilustra muchos de sus diferentes tipos. En *Precipitaciones* explicamos cómo se producen la lluvia, el granizo y la nieve. La sección sobre *Vientos* trata sobre éstos y sobre fenómenos tales como los huracanes que generan vientos fuertes. La sección de *Fenómenos ópticos y eléctricos* muestra algunas de las visiones más hermosas que se pueden contemplar en el cielo. En la sección de *Clima* se definen una selección de climas del mundo. La última sección, sobre *Observación y previsión*, proporciona consejos sobre cómo hacer sus propias observaciones del tiempo. En las diversas secciones se incluyen también condiciones del tiempo y tipos de contaminación relacionados con el tema principal de la sección.

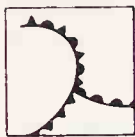


## La atmósfera



Esta sección proporciona alguna información sobre la atmósfera y las propiedades del aire que son necesarias para comprender cómo se origina el tiempo. También se trata aquí el tema del «efecto invernadero» y el de los «agujeros» en la capa de ozono.

## Sistemas meteorológicos



Esta sección trata de las influencias principales a gran escala sobre el tiempo atmosférico, incluyendo masas de aire, frentes y sistemas de alta y baja presión, y muestra cómo se representan éstos en el mapa del tiempo.

## Nubes



Aquí encontrará descripciones e ilustraciones de los principales tipos de nubes y la explicación de su formación. También se incluyen algunas nubes especiales que se presentan en situaciones concretas. Se tratan también aquí la niebla, el rocío y la escarcha, pues su formación es muy similar a la de las nubes, excepto en que se producen a nivel del suelo.

## Precipitaciones: lluvia, granizo y nieve



Esta sección incluye una descripción del ciclo del agua, e ilustra cómo se producen la lluvia, el granizo y la nieve y algunas de las condiciones del tiempo asociadas a ellos.

## Vientos



En esta sección se describen la naturaleza y clasificación de los vientos, así como algunos vientos locales y fenómenos atmosféricos relacionados con los vientos tales como huracanes, tornados y trombas marinas.

## Fenómenos ópticos y eléctricos



Esta sección describe e ilustra cómo la luz causa fenómenos ópticos, como arco iris, halos y coronas. También abarca las tormentas eléctricas, rayos y auroras boreales.

## Clima



Esta sección ofrece un mapa de los climas del mundo y describe concretamente ocho climas diferentes.

## Observación y previsión




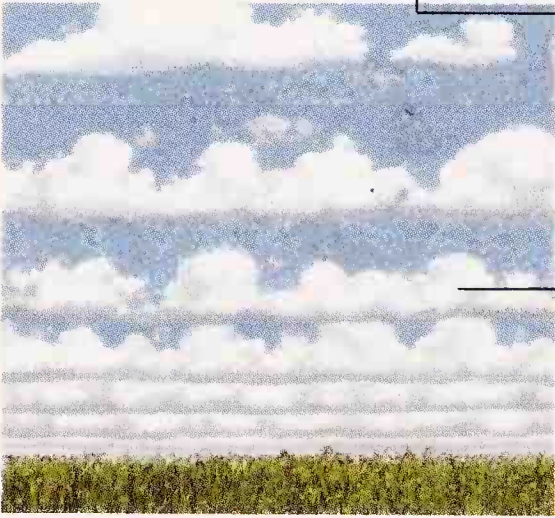
Esta sección explica cómo se producen las previsiones del tiempo y describe algunos de los instrumentos que usted necesita para hacer sus propias observaciones meteorológicas. Los ejemplos de mapas del tiempo muestran cómo la información básica recogida se usa de diferentes maneras: para trazar un mapa detallado a partir del cual realizar una previsión oficial, para ayudar a planear el destino de unas vacaciones o para proporcionar a los barcos boletines del tiempo actualizados.

Ahora usted está preparado para utilizar este libro. Si lo desea, puede estudiar el tiempo de su localidad desde la comodidad de un sillón frente a la ventana. Pero de vez en cuando dése una vuelta por el exterior, donde pueda ver toda la extensión del cielo, especialmente en tiempo cambiante. Y recuerde llevar este libro en sus giras a lugares donde el tiempo sea diferente del de casa, quizás en la costa o en las montañas. ¡Que tenga un bonito día!

Página de muestra

Alineaciones de nubes





En terreno abierto llano, los **cúmulos** a menudo se alinean en filas, lo que es llamado "alineación de nubes". Estas formaciones son a veces el resultado de la sucesión de nubes generadas en el aire húmedo por las corrientes de aire ascendentes, que luego son empujadas por el viento. En un día soleado, sobre una superficie plana uniforme pueden formarse alineaciones paralelas regulares de nubes que se extienden en la distancia tan lejos como alcanza la vista. Esto es el resultado de una sucesión de corrientes de subida y bajada, creada por el calentamiento general del terreno y la dirección de la brisa. En las fotografías tomadas por satélite, suelen observarse grandes zonas de alineaciones de nubes sobre los océanos.

El color de la banda indica la sección

Símbolo de la sección

Nombre de la nube

Ilustración

Texto descriptivo

51

10

# ¿Qué es el tiempo atmosférico?

Nuestro tiempo atmosférico es el resultado de la combinación única del tipo de atmósfera que posee nuestro planeta, su abundancia de agua, y nuestra distancia del Sol. Un poco más cerca, y podríamos estar permanentemente rodeados de nubes sofocantes; un poco más lejos, y el agua estaría siempre helada.

La poderosa fuerza que rige el tiempo es la energía del Sol. Ésta pone en movimiento el aire en la atmósfera, y la energía solar se almacena o se libera cuando el agua se convierte en vapor o en hielo o viceversa. Según el aire responda a los cambios de temperatura haciéndose más ligero o más pesado, más húmedo o más seco, se forman las nubes, cae la lluvia, cambia la presión del aire y sopla el viento.

El tiempo que experimentamos en cada lugar y momento en particular es el resultado de las condiciones reinantes en la capa de la atmósfera más cercana a la superficie: la troposfera, la parte más densa y más baja de la atmósfera. Las condiciones aquí varían de hora en hora a lo largo del día, de día a día, de lugar a lugar y de estación a estación, a medida que la Tierra, oscilando en su eje, hace su viaje anual alrededor del Sol. Diferentes partes de la Tierra experimentan distintos patrones de tiempo a lo largo del año, y esto es su clima.

Para nuestros fines diarios solamente necesitamos describir el tiempo hermoso, bueno, malo o malísimo («de perros»). Sin embargo, los meteorólogos deben registrar y describir con mayor exactitud las condiciones atmosféricas existentes, en términos de una combinación de temperatura, presión atmosférica, humedad, tipo y cobertura de nubes, visibilidad, precipitación y velocidad y dirección del viento. La atmósfera es una máquina tan complicada que, en la mayoría de los lugares, es imposible predecir con cierta antelación qué tiempo producirá en un día futuro determinado. Gracias a los conocimientos basados en más de cien años de observación detallada del tiempo, en las observaciones por satélite y en los análisis de los comportamientos atmosféricos realizados por potentes modelos de computador, las predicciones del tiempo a corto plazo son corrientemente muy precisas. Pero si el tiempo del día de la fiesta de verano, planeada con mucha anticipación, será cálido y soleado, o frío y lluvioso, es aún con mucho una cuestión de suerte y algo que no podemos controlar.

# Glosario

**Adiabático** Se dice del calentamiento o enfriamiento del aire por el solo efecto de la presión, que lo expande o lo comprime, sin ninguna fuente exterior de calentamiento o enfriamiento.

**Altitud** Altura sobre el nivel del mar.

**Condensación** Conversión del vapor de agua en agua líquida.

**Continental** Se dice de la tierra alejada de los océanos, cuyo clima no está sujeto a su influencia moderadora.

**Convección** El movimiento vertical del aire o el agua, resultante de los cambios de temperatura.

**Difracción** La desviación de la luz alrededor de obstáculos tales como moléculas de aire y gotitas de agua.

**Estable** Se dice del aire en el cual hay poco movimiento vertical. Si el aire es forzado a elevarse en un entorno estable, pronto se hará más frío que su entorno y volverá a caer hacia la superficie. La estabilidad depende de manera compleja de la temperatura y la humedad; como regla general, el aire que está frío cerca de la superficie y caliente más arriba es en general estable.

**Estratosfera** La capa de atmósfera inmediatamente encima de la troposfera.

**Evaporación** La transformación de agua líquida en vapor de agua.

**Inestable** Se dice del aire en el cual existe una tendencia hacia el movimiento vertical. Si el aire es forzado a elevarse en un entorno inestable, pronto se hará o permanecerá más caliente que su entorno y continuará elevándose. La inestabilidad depende de manera compleja de la temperatura y la humedad; como regla general, el aire que está caliente cerca de la superficie y más frío más arriba es inestable.

**Inversión térmica** Una capa de aire frío atrapada por una capa superior de aire caliente.

**Isobaras** Líneas en el mapa meteorológico que unen los puntos de igual presión en la superficie.

**Latitudes medias** Latitudes entre 30 y 70° N o S, aproximadamente.

**Marítimas** Se dice de las regiones que bordean los océanos, cuyos climas están influidos por el efecto moderador de éstos.

**Meteorología** El estudio del tiempo y la atmósfera.

**Precipitación** Lluvia, nieve o granizo.

**Punto de condensación** La temperatura a la cual el agua comienza a condensarse separándose del aire. Varía con la humedad del aire.

**Punto de rocío** Véase *Punto de condensación*.

**Refracción** La desviación de la luz cuando pasa de un medio transparente, por ejemplo aire, a otro de diferente densidad, por ejemplo agua.

**Saturado** Se dice del aire que contiene la máxima cantidad de vapor de agua posible a una determinada temperatura; es decir, cuando tiene una humedad relativa del ciento por ciento. El **punto de saturación** del aire es la temperatura a la cual se satura.

**Sobreenfriadas** Se dice de las gotitas de agua que se han enfriado por debajo del punto de congelación pero no se hielan debido a su pequeño tamaño.

**Sotavento** Vertiente de montaña que mira al lado opuesto del viento dominante.



**Tropical** Situado entre las latitudes 23° 27' N (Trópico de Cáncer) y 23° 27' S (Trópico de Capricornio), entre las cuales el Sol está directamente vertical en algunos momentos del año.

**Tropopausa** El límite entre la troposfera y la estratosfera.

**Troposfera** La capa más baja y más densa de la atmósfera, en la cual ocurren todos los fenómenos meteorológicos.

**Turbulencias** Irregularidades en la velocidad del viento.

Símbolos utilizados en los mapas meteorológicos

Meteoros

-  Llovizna
-  Lluvia
-  Nieve
-  Granizo
-  Chubascos
-  Tormenta eléctrica
-  Chaparrones
-  Chubascos con tronada
-  Neblina
-  Calima
-  Niebla de contaminación
-  Niebla
-  Retazos de niebla

Tipos de nubes

-  Cirros
-  Cirroestratos
-  Cirrocúmulos
-  Altoestratos
-  Altocúmulos
-  Estratocúmulos
-  Estratos
-  Nimboestratos
-  Cúmulos
-  Cumulonimbos

Velocidad del viento

-  Calma
-  5 nudos
-  10 nudos
-  15 nudos
-  20 nudos
-  25 nudos
-  30 nudos
-  35 nudos
-  45 nudos
-  50 nudos
-  60 nudos
-  70 nudos

Cobertura de nubes

-  Cubierto
-  7/8 de cielo cubierto
-  6/8
-  5/8
-  1/2
-  3/8
-  1/4
-  1/8
-  Despejado

Frentes

-  Frente frío
-  Frente cálido
-  Frente ocluido

# La atmósfera

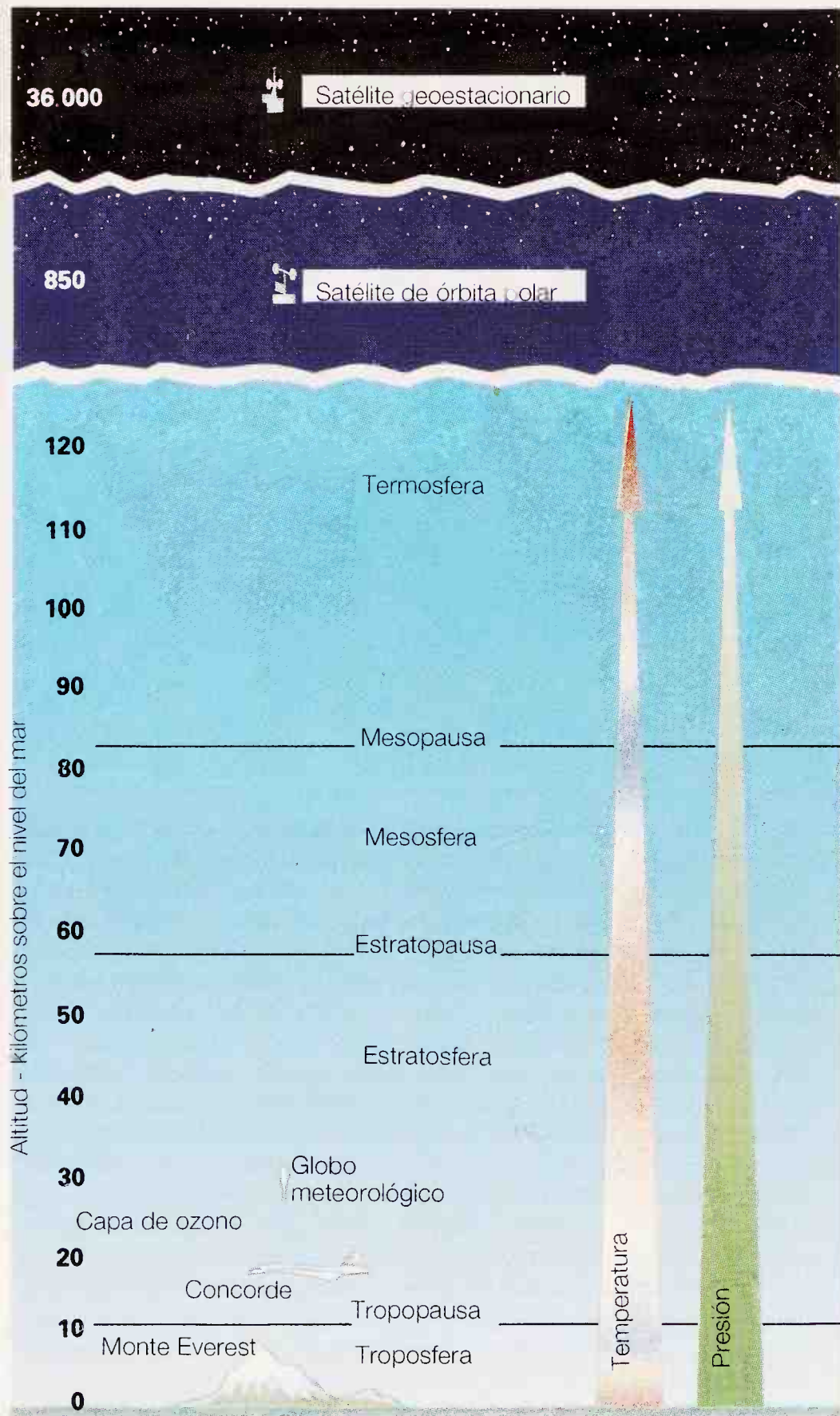
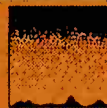
La atmósfera envuelve la Tierra en una capa protectora de gases que se extiende varios miles de kilómetros hacia el espacio. Esta envoltura tiene la máxima densidad en la superficie de la Tierra, aligerándose rápidamente con la altura. Sin una atmósfera, la Tierra estaría sometida a las temperaturas extremas experimentadas por la Luna sin aire; no habría tiempo atmosférico y no habría vida. La atmósfera se divide en varias capas distintas con diferentes gradientes de temperatura, composiciones y propiedades. La mayoría de nuestro tiempo atmosférico se forma en la capa más baja, la troposfera, que contiene un 90 % de toda la masa de la atmósfera. Ésta es la capa influida por la atmósfera y topografía de la superficie de la Tierra. La **temperatura, presión y humedad** del aire de la troposfera están cambiando continuamente, y son estos cambios los que producen nuestro tiempo atmosférico.

Una delgada capa fronteriza, la tropopausa, separa la troposfera de la estratosfera y señala la extensión máxima de la influencia de la Tierra sobre la temperatura atmosférica. La temperatura del aire decrece con la altitud hasta la tropopausa, donde se para la disminución. La tropopausa forma un techo sobre nuestro tiempo, y la estratosfera de encima está libre de nubes y relativamente en calma. La altura de la tropopausa por encima de la superficie varía de alrededor de 10 km en los polos, a 17 km en los trópicos. En la estratosfera se extiende una **capa de ozono**, que absorbe muchas de las radiaciones ultravioletas procedentes del Sol, protegiendo la superficie de la Tierra de sus efectos dañinos.

## Composición del aire

El aire en la troposfera está formado principalmente por nitrógeno (76 %) y oxígeno (21 %) con pequeñas cantidades de anhídrido carbónico (alrededor de 0,03 %), vapor de agua (1-4 %), argón e hidrógeno. En cuanto se refiere al tiempo atmosférico, el ingrediente más importante es el vapor de agua. Éste se evapora en el aire procedente de la superficie de la Tierra, se condensa en **nubes** y es devuelto a la Tierra como **lluvia** y **nieve**. El aire contiene también diminutas partículas de polvo y sal, que proporcionan superficies en las que se condensan gotitas de agua. Actualmente el aire contiene también contaminantes químicos, muchos de los cuales se forman cuando quemamos combustibles fósiles en nuestros hogares, fábricas y automóviles. Esto contribuye a la niebla y *smog* sobre las ciudades.

# La atmósfera

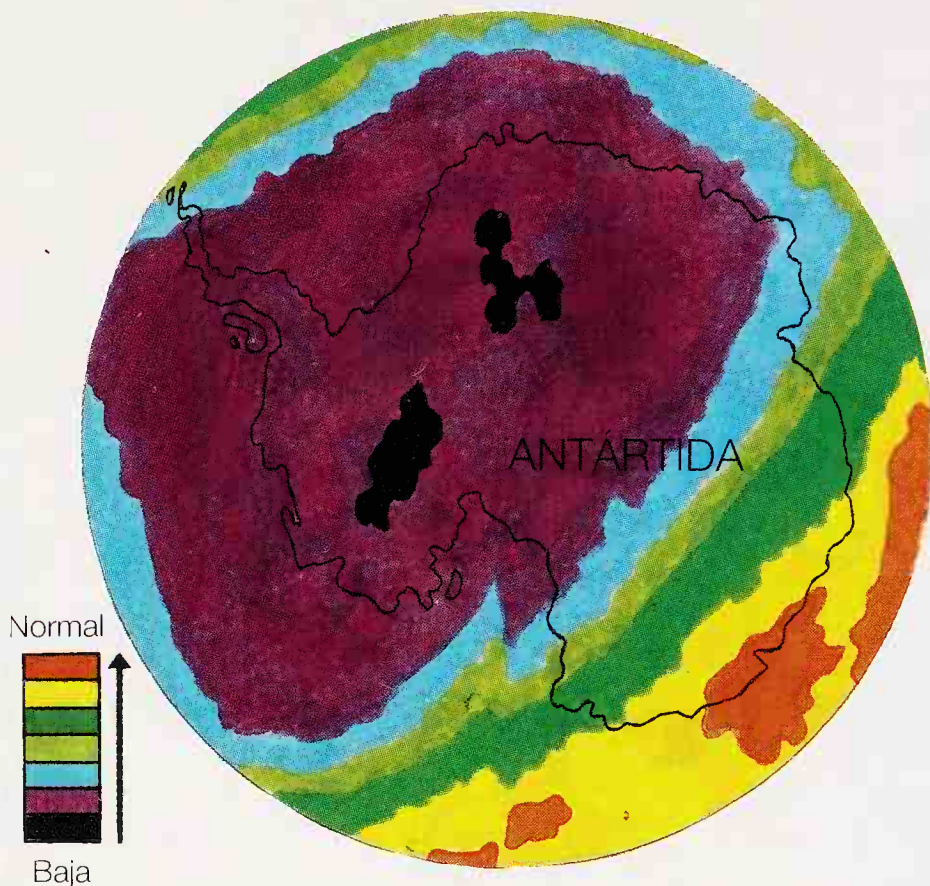






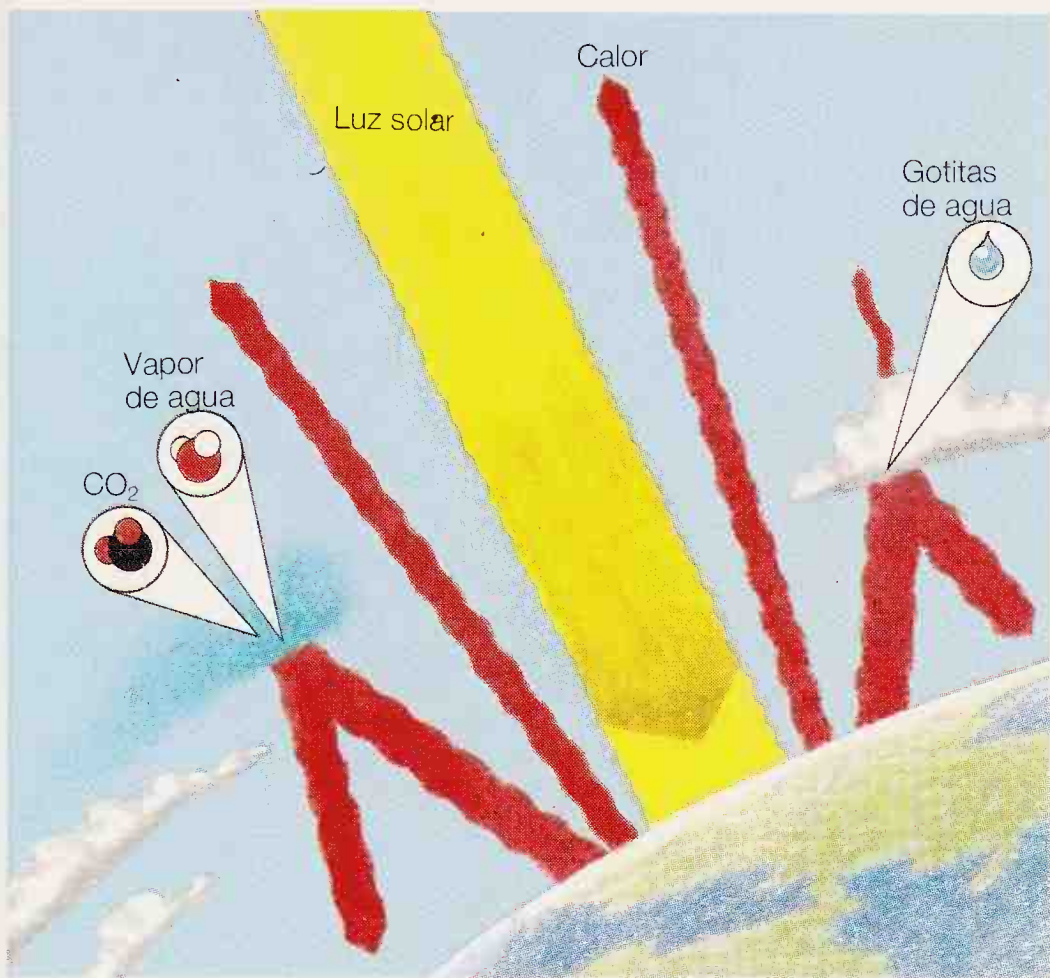
# La capa de ozono

Concentración de ozono en la estratosfera

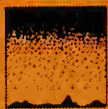


En la estratosfera hay una capa de moléculas de ozono ( $O_3$ ) cuya mayor concentración está entre 15 y 25 km por encima de la superficie de la Tierra. El ozono se está formando continuamente a partir del oxígeno ( $O_2$ ) por la acción de la luz solar y se descompone lentamente en oxígeno. La capa de ozono detiene la mayoría de los rayos ultravioletas del Sol, protegiendo la vida sobre la Tierra de los efectos dañinos de esta radiación. La radiación ultravioleta produce mutaciones; incluso con los bajos niveles que nos llegan actualmente, la exposición excesiva al sol puede causar cánceres de piel, especialmente en las personas de piel blanca. Hace unos años, los científicos encontraron que la capa de ozono se había adelgazado hasta la mitad en algunos lugares. Estos «agujeros» en la capa aparecieron en la Antártida en octubre (ilustración) y en el Ártico en primavera. Al mismo tiempo se encontró que los productos químicos clorofluorcarbonados (CFC), que se usan corrientemente como impulsores en los aerosoles y como refrigerantes, eran potentes destructores del ozono y estaban contribuyendo al adelgazamiento de la capa de ozono. La luz actúa sobre los CFC desprendiendo cloro, que a su vez reacciona con el ozono descomponiéndolo en oxígeno y ClO. En la actualidad la fabricación y uso de los CFC están disminuyendo.

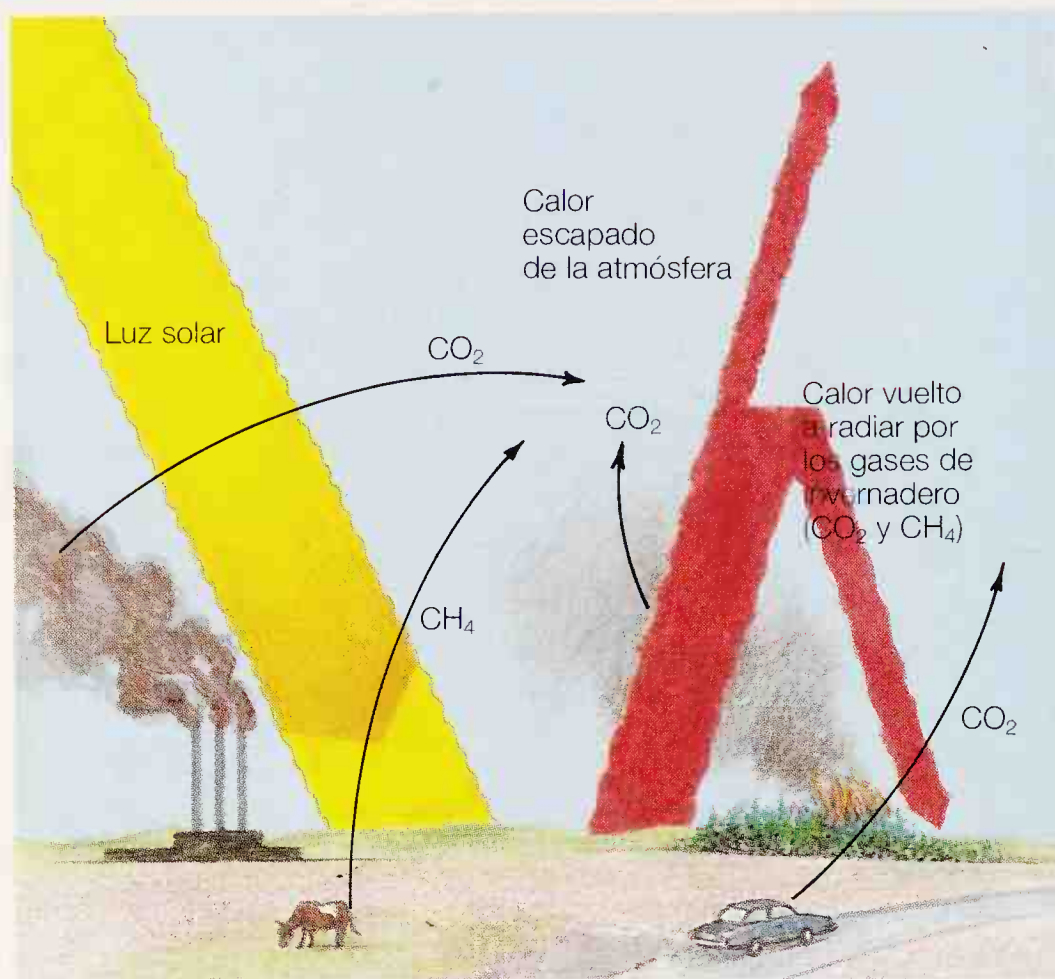




A medida que nos alejamos de la superficie de la Tierra, el aire en la troposfera se hace más frío. Esto es así porque el aire en esta capa de la **atmósfera** no se calienta directamente por el Sol, sino por contacto con la superficie de la Tierra. Las capas más externas de la atmósfera están intensamente calientes al absorber los rayos X y otras longitudes de ondas muy cortas de la radiación solar. Pero la mayoría de las radiaciones solares que alcanzan la superficie de la Tierra son de longitud de onda de luz visible, que pasa a través del aire sin ser absorbida. La luz es absorbida por la superficie, la cual se calienta y envía radiaciones en forma de calor (longitudes de onda infrarrojas). Éstas calientan el aire de encima de la superficie porque las moléculas del vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) del aire absorben la radiación de estas longitudes de onda, y vuelven a radiar energía en forma de calor. Si todo el calor irradiado por la Tierra se perdiese hacia arriba en el espacio, la Tierra sería un lugar mucho más frío. Pero la mayor parte del calor regresa a la superficie de la Tierra, reflejado por la base de las nubes y por el aire mismo —el **efecto invernadero**—, de manera que el balance queda equilibrado. La temperatura promedio de la superficie es  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aunque varía enormemente de un lugar a otro.



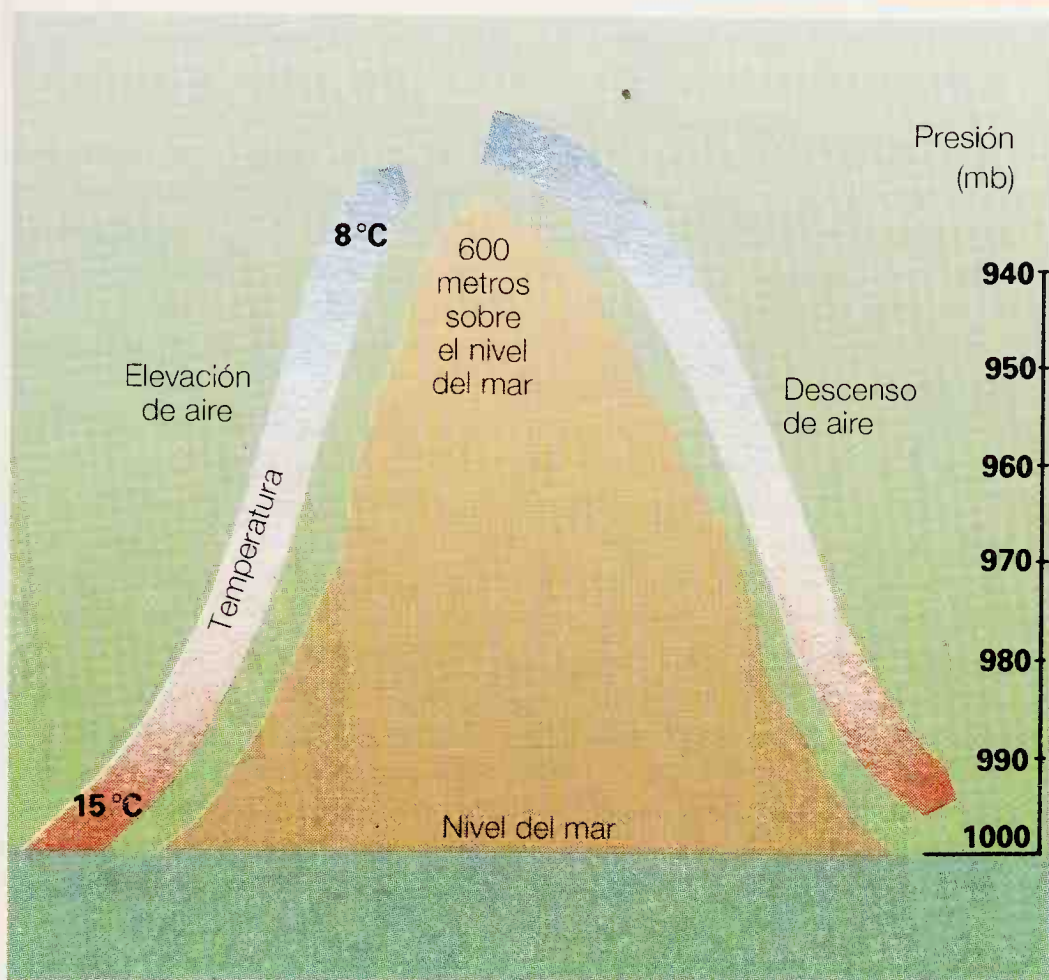
# El efecto invernadero



La **atmósfera** permite pasar a su través la luz visible, pero el vapor de agua, anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y algunos otros gases naturales y producidos por el hombre en la atmósfera (los «gases invernadero») absorben gran parte del calor emitido por la Tierra y lo vuelven a radiar hacia la superficie. Esto es conocido popularmente como «efecto invernadero» y es importante en la regulación de la temperatura de la Tierra. El contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera es pequeño (0,03 %) pero ha estado aumentando permanentemente durante el siglo pasado, como resultado de la combustión masiva de combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón) en el mundo industrial. Esto produce más anhídrido carbónico en la atmósfera de la cantidad normalmente asimilable por los bosques en el proceso de fotosíntesis. Muchos científicos creen en la actualidad que un aumento incontrolado del  $\text{CO}_2$  y otros gases de invernadero puede contribuir en el futuro a un aumento serio de la temperatura de la superficie de la Tierra. Se calcula que doblar el  $\text{CO}_2$  atmosférico puede conducir a una elevación de entre 1,5 y 5,5 °C. Tal calentamiento podría cambiar los climas drásticamente y podría incluso fundir el hielo polar, elevando el nivel del mar alrededor del mundo y amenazando muchos centros de población.



# La presión atmosférica

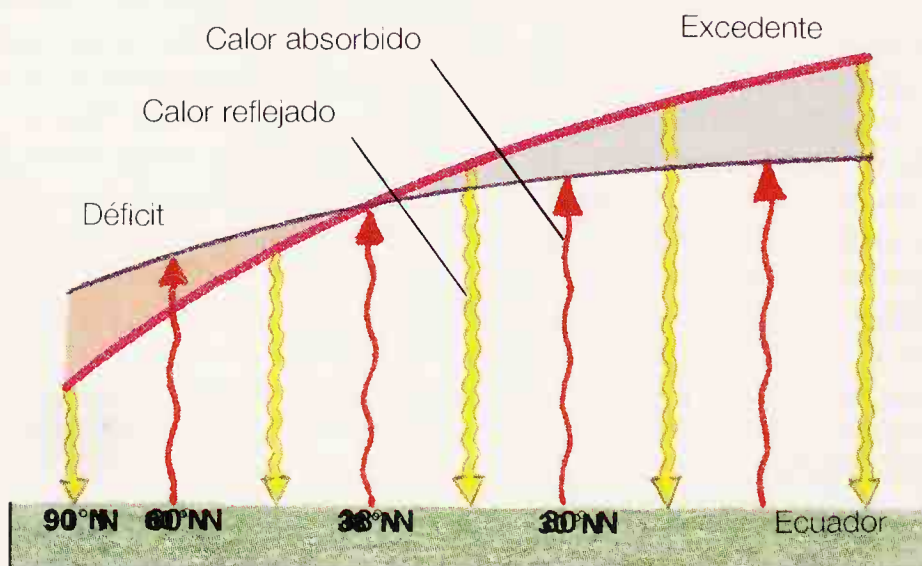


La masa de la **atmósfera** ejerce una presión de 1.013 milibares (mb) de promedio sobre la superficie de la Tierra. La presión a nivel del mar puede subir o bajar hasta 50 mb en un día, pero no sentimos los cambios de presión a menos que ocurran muy repentinamente, porque la presión del aire en nuestros cuerpos iguala rápidamente la del exterior. La presión del aire disminuye con la altura sobre la Tierra, pues el gas de la atmósfera se enrarece. Cerca de la superficie, durante los primeros 1.000 m aproximadamente, la presión disminuye a razón de cerca de 1 mb por 10 m de altitud, y a una altura alrededor de 5,5 km la presión media es de 500 mb, la mitad de la de la superficie. Las diferencias horizontales en la presión del aire producen vientos, porque el aire fluye desde una zona de alta presión hacia una zona de presión baja. La presión vertical decreciente tiene efectos muy importantes en las propiedades del aire. El aire que es forzado a elevarse por cualquier causa, se expande al hacerse menor la presión ejercida sobre él. Al dilatarse, el aire se enfría. Inversamente, el aire, al descender, se comprime. El aire comprimido se calienta. El calentamiento y enfriamiento del aire que sólo se deben a cambios de presión reciben el calificativo de **adiabáticos**.

# La circulación general

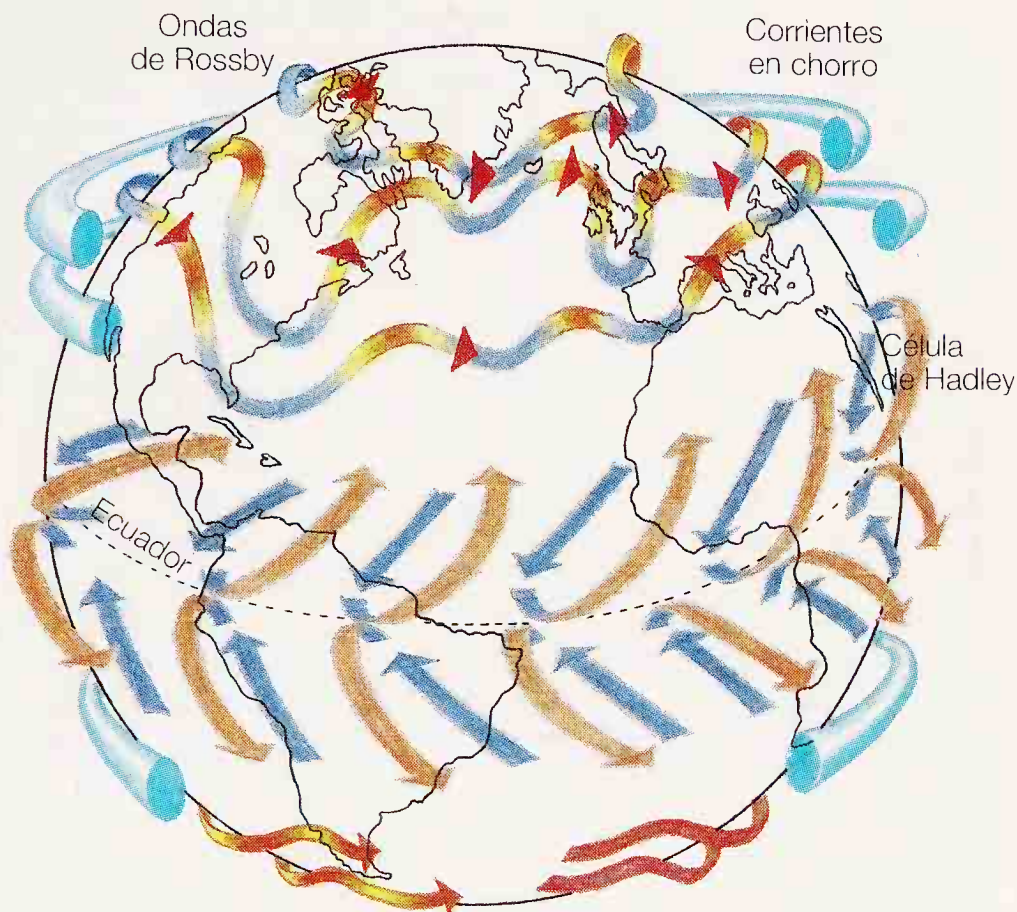
La circulación del aire a gran escala en la troposfera es causada por el calentamiento desigual de la superficie del globo. Las diferencias de temperatura entre el Ecuador y los polos y entre la tierra y el mar generan los grandes movimientos de aire que suministran el armazón para todo nuestro tiempo atmosférico. Entre las latitudes de 35° N y S, la superficie de la Tierra recibe más radiación de la que pierde como calor, pero en los polos recibe menos de la que pierde (véase diagrama al pie). Si el calor no fuese transportado continuamente hacia los polos desde el Ecuador, las regiones tropicales se volverían más calientes y las regiones polares más frías. La atmósfera es un agente de este transporte de calor; el otro es el océano. La circulación global atmosférica es pues extraordinariamente compleja.

La circulación general produce los fuertes vientos regulares que soplan a través de los océanos, tales como los vientos alisios, en los trópicos, y los vientos dominantes del oeste más al norte o al sur (véase **Vientos globales**). En el Ecuador, el aire ascendente crea las calmas ecuatoriales sin viento. La corriente de aire general hacia el este a través del Pacífico y del Atlántico Norte significa que gran parte de nuestro tiempo meteorológico se desplaza procedente del oeste, especialmente cuando puede viajar sin interrupción sobre las amplias extensiones del océano. Las tormentas de invierno formadas sobre el Atlántico Norte se dirigen hacia el este para azotar las costas occidentales y septentrionales de Europa, y en verano el asentamiento del buen tiempo es a menudo el resultado de una gran zona de alta presión derivada del agua caliente del Atlántico. La marcha general del tiempo meteorológico hacia el este es perturbada sobre los continentes, donde las montañas, valles, desiertos y bosques influyen en el tiempo local y regional.





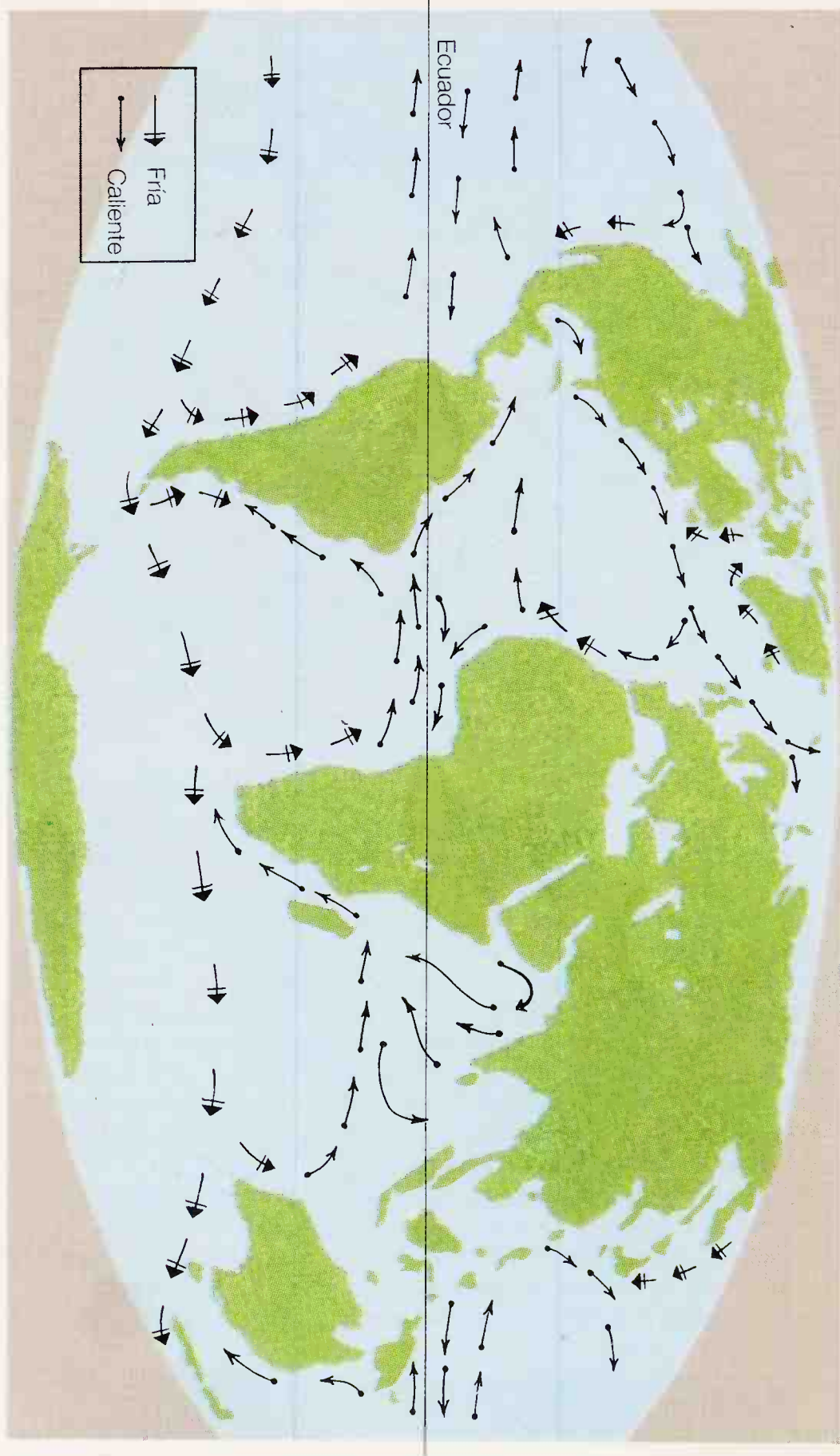
# La circulación global



El aire caliente que se eleva en el Ecuador, donde se recibe el máximo de radiación solar, se separa hacia el sur y hacia el norte y es reemplazado en la superficie por aire más frío que se desplaza hacia allí. Al alejarse del Ecuador, el aire se enfría y desciende a aproximadamente  $30^{\circ}$  N y S. Esta circulación sencilla, llamada «célula de Hadley», se desvía hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur, como resultado del movimiento de la Tierra hacia el este, dando lugar en la superficie a los vientos alisios (véase **Vientos globales**). Más hacia los polos, la circulación se vuelve más complicada. Corrientes ondulantes de aire (ondas de Rossby) viajan alrededor del globo de oeste a este llevando aire caliente hacia los polos y frío hacia el Ecuador. Capas de aire frío que van hacia el sur se deslizan bajo capas de aire caliente que se desplazan hacia el norte. En estas latitudes, los vientos superficiales que dominan son los vientos del oeste. Las corrientes en chorro son estrechas cintas de viento de movimiento rápido que corren hacia el este rodeando el globo a gran altura de la superficie, en zonas con fuertes discontinuidades en la temperatura, por lo que ayudan a transferir calor entre el aire caliente tropical y el aire frío polar.



# Grandes corrientes oceánicas



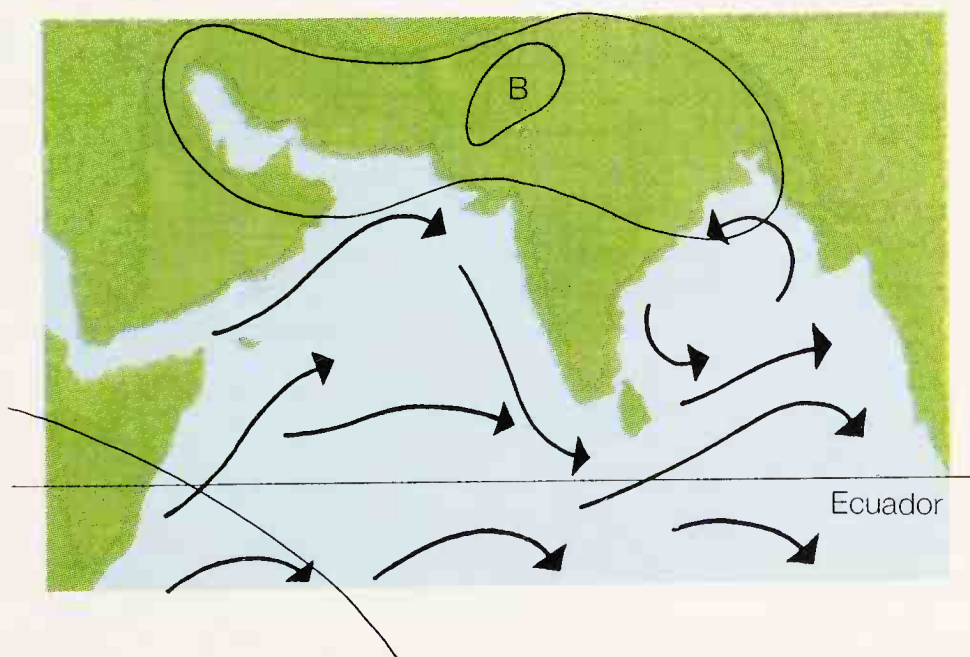


# Grandes corrientes oceánicas

Los otros agentes de transporte de calor, entre el Ecuador y los polos, son las corrientes oceánicas. Las corrientes cálidas, como la corriente del Golfo, en el Atlántico Norte, y la Corriente del Brasil, en el Atlántico Sur, fluyen hacia los polos procedentes del Ecuador, en tanto que las corrientes frías, como la helada corriente del Labrador, de la costa este de Norteamérica, y la corriente de Humboldt, a lo largo de las costas chilenas y peruanas, llevan agua fría desde los polos. El mapa muestra las principales corrientes oceánicas durante el invierno en el hemisferio norte. La ilustración pequeña de debajo muestra cómo cambian en la India y sudeste de Asia, con los vientos monzónicos en verano.

Las grandes corrientes oceánicas tienen su origen en los vientos superficiales que soplan a través de los océanos. La corriente del Golfo barre el este del Atlántico Norte y cruza el Ártico como resultado de los vientos que rodean la zona de alta presión persistente localizada sobre las Azores.

Las corrientes cercanas a las costas continentales pueden enfriar el clima general y el tiempo diario. Las corrientes cálidas pueden crear una zona más suave de lo que podría esperarse por la latitud, pues el aire que viene sobre la corriente es cálido y húmedo. La corriente cálida del Atlántico Norte, continuación en el norte de la corriente del Golfo, mantiene las costas de Noruega libres de hielo en invierno, mientras que el río San Lorenzo, al otro lado del Atlántico, está obstruido por el hielo. La corriente cálida del Atlántico Norte también proporciona clima subtropical a zonas de Irlanda Occidental, islas Sorlingas y Cornualles.



# La humedad

En lo que se refiere al tiempo atmosférico, el agua (H<sub>2</sub>O) es el ingrediente más importante de la atmósfera. El aire siempre contiene algo de vapor de agua, en promedio entre 1 y 4 %, pero la cantidad varía ampliamente. Aunque el vapor de agua es invisible corrientemente, podemos sentir cuando el aire está mojado o húmedo. El aire húmedo y frío se siente mucho más gélido que el aire seco a la misma temperatura. La cantidad de agua en el aire se conoce como su **humedad**. La cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede mantener depende de su temperatura. El aire caliente puede mantener más vapor de agua que el aire frío. El aire que contiene la cantidad máxima posible de vapor de agua a una temperatura determinada, se dice que está saturado.

Temperatura del aire (°C)	Valor de saturación (en gramos de agua por metro cúbico de aire)
30	30,4
10	9,8
0	4,9
-20	1,0

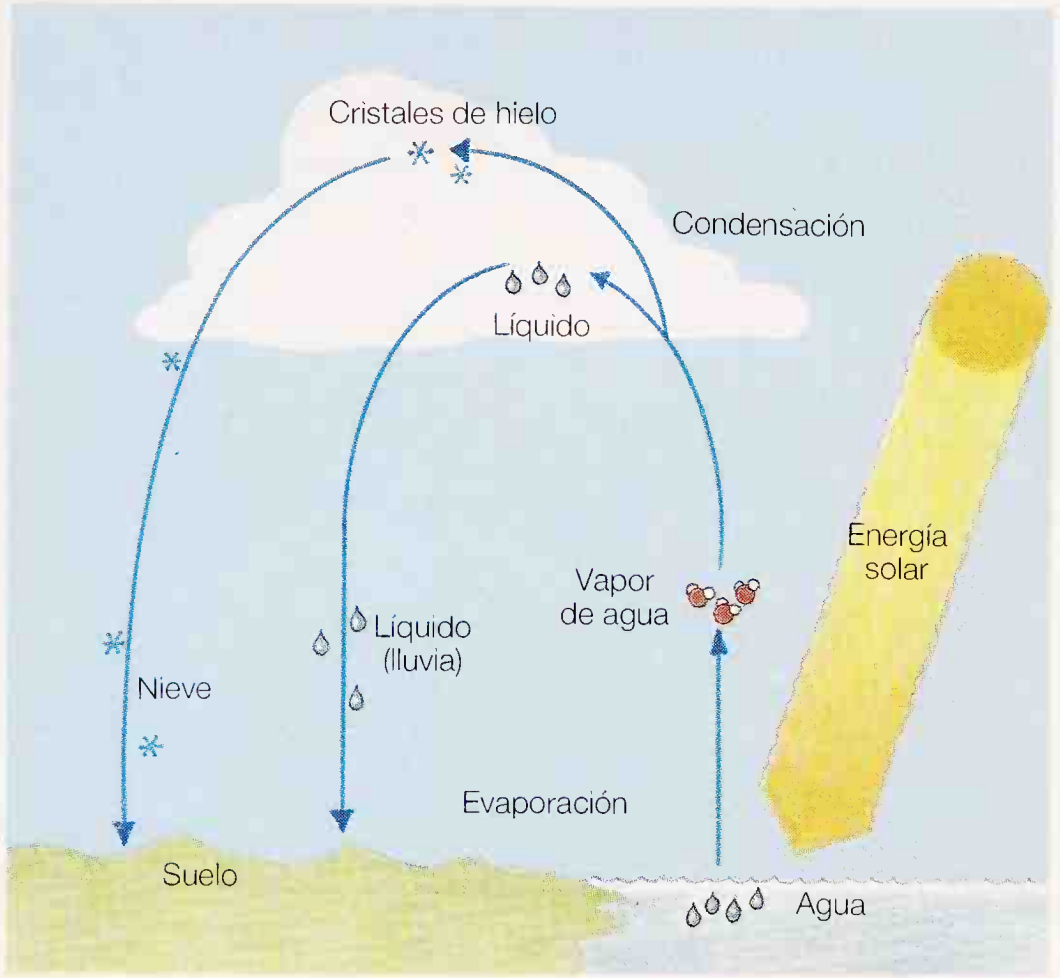
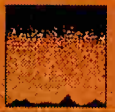
A menudo la humedad se expresa como humedad relativa (H.R.). Esto es, el porcentaje de vapor de agua que contiene el aire a una temperatura determinada comparado con la cantidad máxima que puede contener a esta temperatura. A medida que el aire se enfría su humedad relativa aumenta hasta alcanzar el 100 %: punto de saturación. Si se enfría más, el vapor comienza a condensarse separándose como gotitas de agua (véase **Nubes**).

Humedad absoluta = 7,27 gramos de vapor de agua por cada metro cúbico				
Temperatura	10 °C	16 °C	20 °C	30 °C
H.R. (%)	100	69	54	31



# El agua

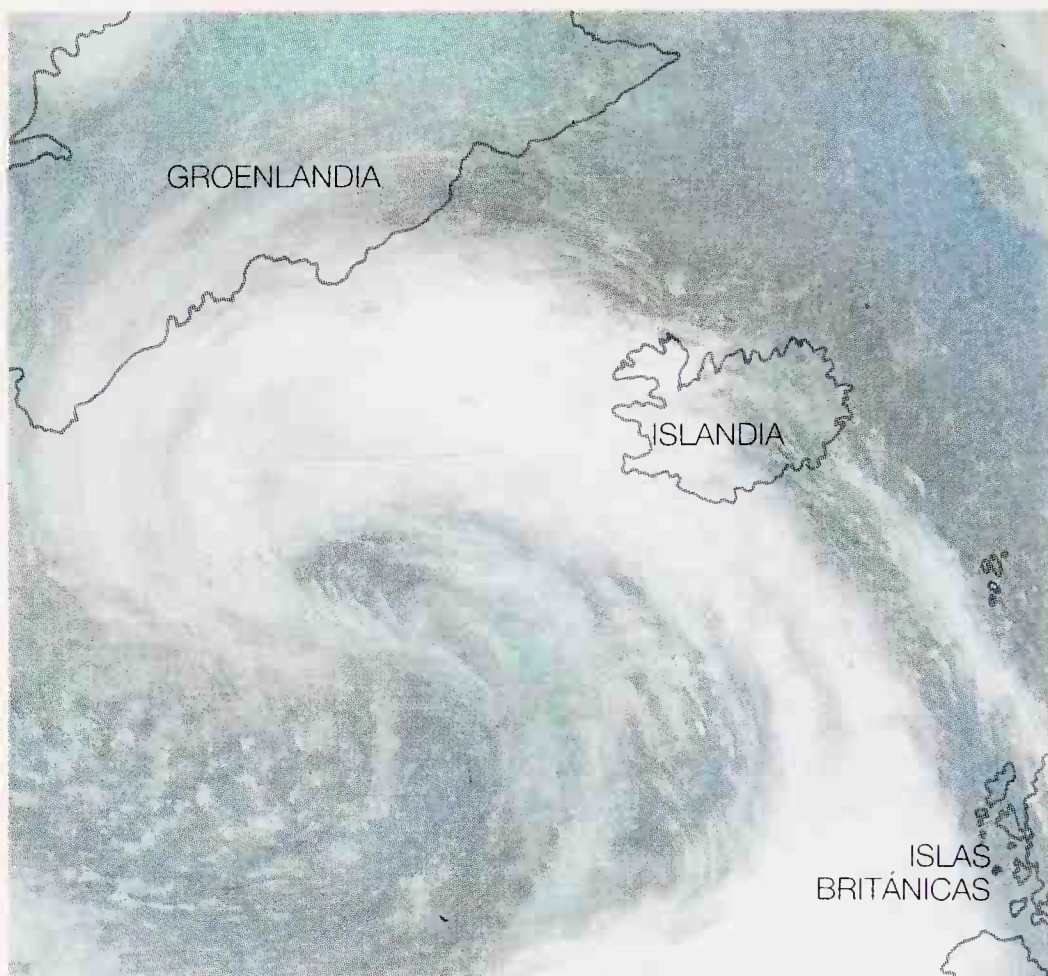
Evaporación y condensación



En nuestro planeta, el agua puede existir como gas (vapor de agua), como líquido y como un sólido (hielo). El agua está evaporándose continuamente de la superficie de la Tierra en el aire, donde se mantiene como vapor de agua invisible, que finalmente se condensa en finísimas gotitas de agua para formar **nubes**. Cuando la condensación tiene lugar en los espacios más altos y fríos del cielo, las nubes están formadas de cristales de hielo. Dadas las condiciones adecuadas, las nubes devuelven el agua a la Tierra otra vez, como lluvia o nieve, para completar el **ciclo del agua**. La evaporación del agua líquida a vapor sin cambio de temperatura requiere una gran cantidad de energía que en último extremo llega del Sol. Esta energía queda encerrada en el vapor de agua y, cuando el vapor se condensa, se libera como calor latente la condensación. El calor liberado cuando grandes masas de aire húmedo se condensan contribuye a generar nubes tormentosas, **cumulonimbos** y **huracanes**.

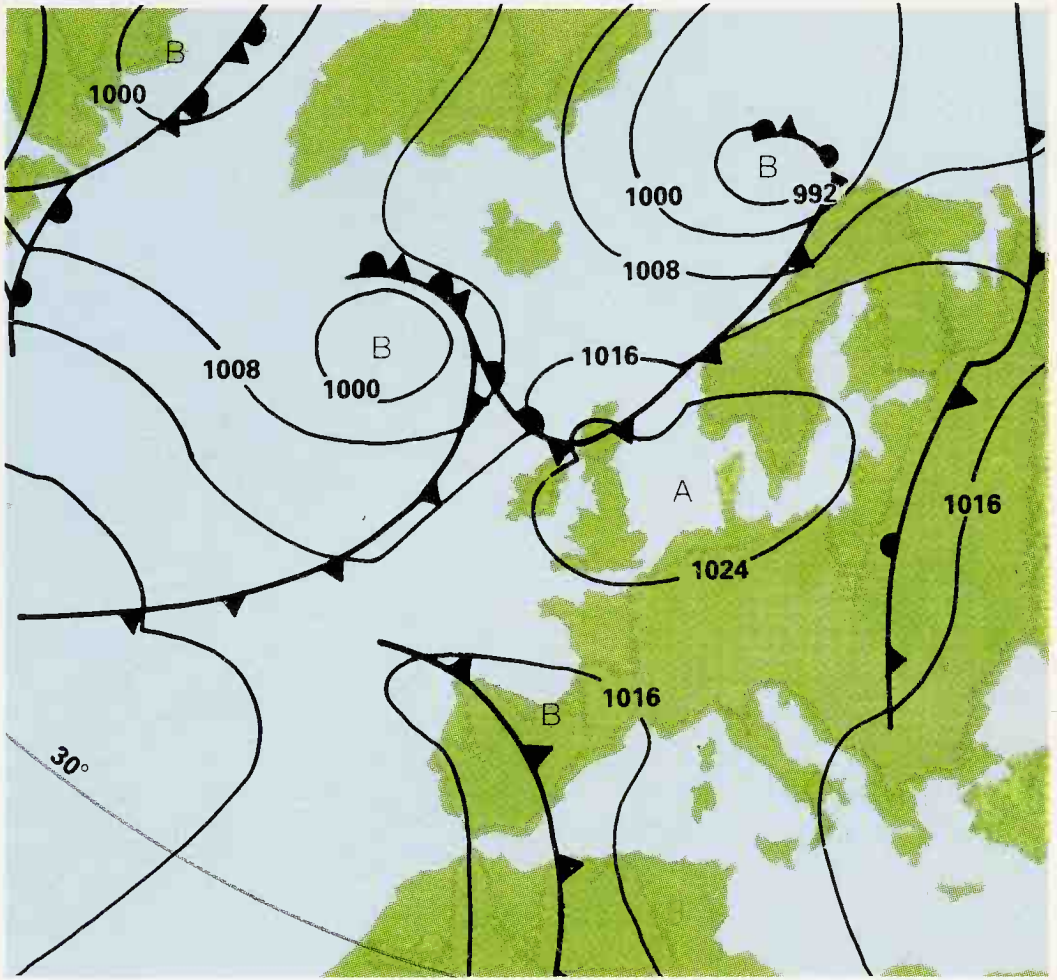


# Sistemas meteorológicos

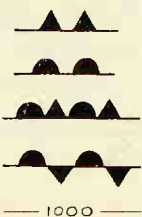


Cuando se registra la **presión atmosférica** en la superficie terrestre, aparecen diferentes zonas de alta y baja presión. Cada zona tiene sus distintos patrones de tiempo atmosférico. Los sistemas meteorológicos basados en estas zonas de baja y alta presión determinan nuestro tiempo diario y pueden extenderse sobre miles de kilómetros cuadrados. Mirando a la Tierra desde el espacio, las espirales y remolinos de nubes gruesas indican los sistemas de baja presión (**ciclones**). Son las depresiones del **mapa meteorológico**, generalmente responsables de un tiempo malo o inestable que puede ir desde unos pocos chaparrones ligeros a un furioso **huracán** tropical. Las zonas de alta presión (**anticiclones**), por el contrario, suelen estar asociadas con el buen tiempo, especialmente en verano. Los grandes sistemas meteorológicos son el resultado de diferencias de temperatura, presión y humedad entre distintas **masas de aire**. El encuentro de dos masas de aire de propiedades diferentes genera un **frente**, corrientemente acompañado de nubes y lluvia. Los movimientos de aire locales crean depresiones a lo largo del frente.

# El mapa meteorológico



Este mapa meteorológico simplificado, semejante a los que se publican en los periódicos, muestra la disposición de zonas de baja y alta presión (**ciclones** y **anticiclones**) con sus frentes asociados para un día concreto de verano en el Atlántico Norte. Mapas como éste se compilan a partir de datos obtenidos de centenares de estaciones meteorológicas. Los puntos de igual presión atmosférica se unen por delgadas líneas llamadas isobaras, que aquí se dibujan a intervalos de 8 mb. Las líneas gruesas representan los bordes de frentes en la superficie, estimados a partir de la posición de las zonas de alta y baja presión.



**frente frío** en movimiento

**frente cálido** en movimiento

**frente ocluido** en movimiento

**frente estacionario**

**isobaras** con la presión en milibares en la superficie

A alta presión

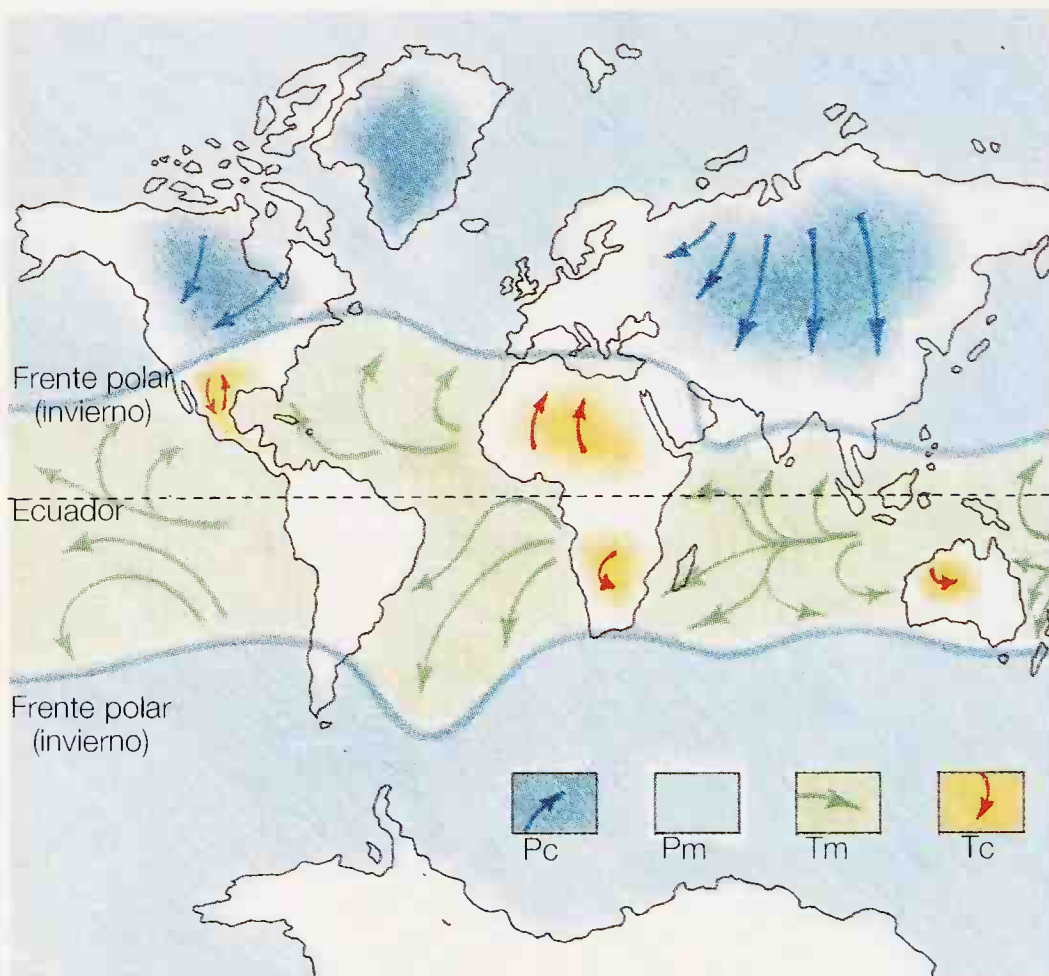
B baja presión





# Masas de aire

Globales

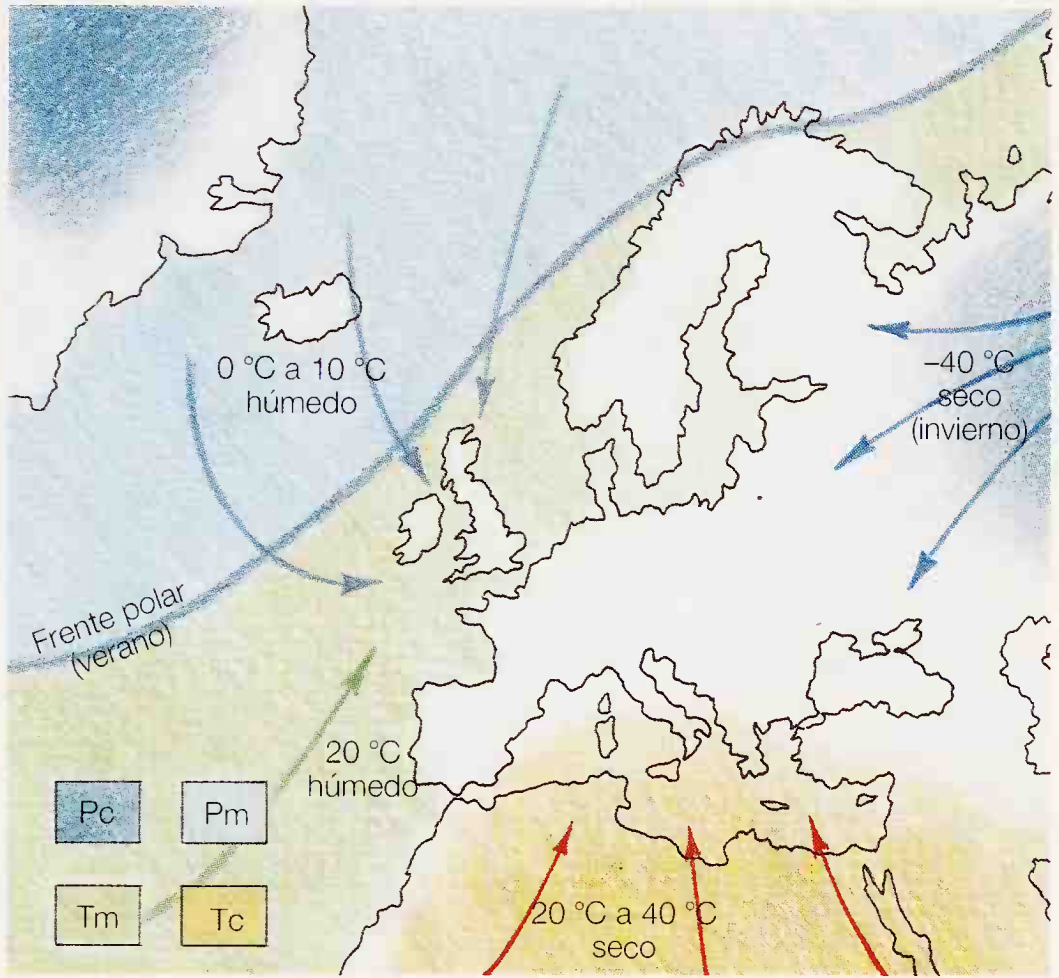


El tiempo que experimentamos está determinado en gran manera por cómo se encuentra el aire sobre nosotros. ¿Está caliente o frío, húmedo o seco? La temperatura y humedad del aire dependen de la clase de superficie que hay bajo él. Sobre grandes zonas de la superficie de la Tierra, en especial sobre los océanos y los interiores continentales, el aire es casi uniforme horizontalmente en su temperatura y humedad. Estos grandes volúmenes de aire se conocen como masas de aire. Las masas de aire originadas sobre los océanos e interiores continentales suelen moverse constantemente de un lugar a otro, de modo que modifican el tiempo en regiones bastantes lejanas y se hacen más cálidas o más frías, más húmedas o más secas a medida que pasan sobre diferentes superficies. Los principales tipos de masas de aire son: polar marítimo (Pm), polar continental (Pc), tropical marítimo (Tm) y tropical continental (Tc). En términos muy simplificados, el aire Pm es frío y húmedo, el aire Pc es frío y seco, el aire Tm es cálido y húmedo, mientras que el aire Tc es cálido y seco. Cuando se encuentran el aire polar frío y el aire tropical cálido se forman fuertes frentes.



# Masas de aire

Europa

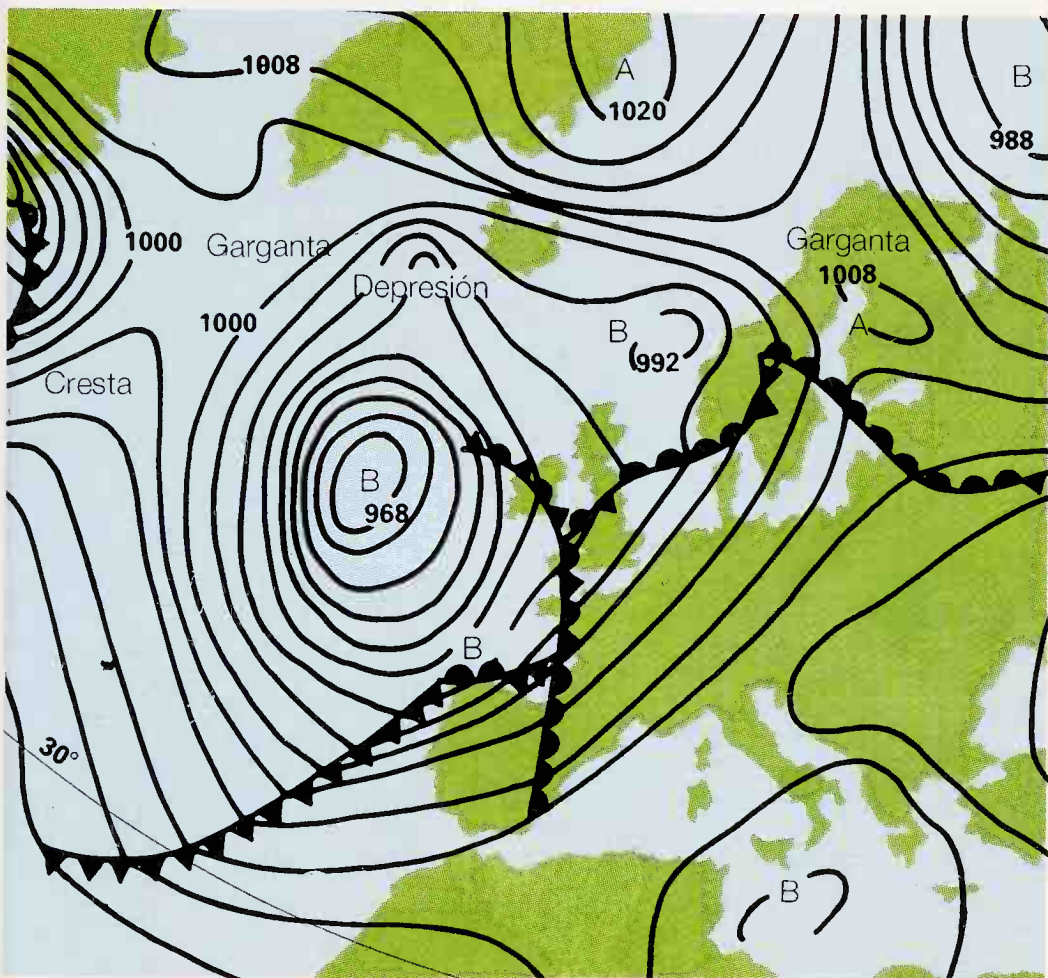


El tiempo europeo está influido por cuatro masas de aire. Nuestro aire polar marítimo (Pm) se origina sobre el océano Ártico y en invierno, especialmente, se mueve hacia el sur. Puede llegar del noroeste trayendo tiempo fresco o frío, chaparrones e intervalos brillantes. Cuanto más largo es su camino sobre las aguas más cálidas del Atlántico, más se carga de humedad; de allí el tiempo frío, nuboso y húmedo que se acerca del sudoeste. A veces el aire Pm viene del noreste trayendo tiempo lluvioso y frío, con nieve o cellisca. El aire polar continental (Pc) frío y seco se origina en invierno sobre los yermos helados del norte de Asia. Cuando se extiende sobre Europa occidental trae un tiempo claro sumamente frío. El aire marítimo tropical (Tm), cálido y húmedo, se centra sobre las Azores en el Atlántico Norte y llega desde el sudoeste. En invierno trae un tiempo nuboso suave. En verano, cuando se establece sobre Europa, se hace más seco y trae claros días soleados. El sur de Europa está influido por aire tropical continental (Tc) procedente de los desiertos del norte de África, que se desplaza hacia el norte y produce el verano mediterráneo cálido y seco.



Cuando una masa de aire caliente se encuentra con una de aire frío se forma un límite marcado, un **frente**, a menudo de miles de kilómetros de largo. A lo largo del frente, el aire más cálido se eleva sobre el aire frío, con lo que se forma una banda inclinada que separa el aire caliente del frío. A medida que el aire caliente se eleva, se enfría y se forma un cinturón de nubes y lluvia (o nieve). En latitudes septentrionales, donde el aire frío polar se encuentra con el aire cálido tropical, se forman fuertes frentes que separan masas de aire de temperaturas marcadamente diferentes. Invariably están acompañados por lluvia y nieve, a menudo con fuertes vientos, y anuncian un cambio de tiempo cuando una masa de aire se desplaza para reemplazar otra. El frente que más influye el tiempo de Europa es el frente polar (véase pág. 29). En verano pasa generalmente al norte de las Islas Británicas, pero en invierno puede desplazarse hacia abajo, al sur de Europa. Los frentes pueden ser estacionarios, pero normalmente una masa de aire se mueve empujando a la otra. Hay tres tipos diferentes de frentes en movimiento, cada uno acompañado por una secuencia meteorológica (véanse **Frente frío**, **Frente cálido** y **Frente ocluido**).

# Ciclones (depresiones)

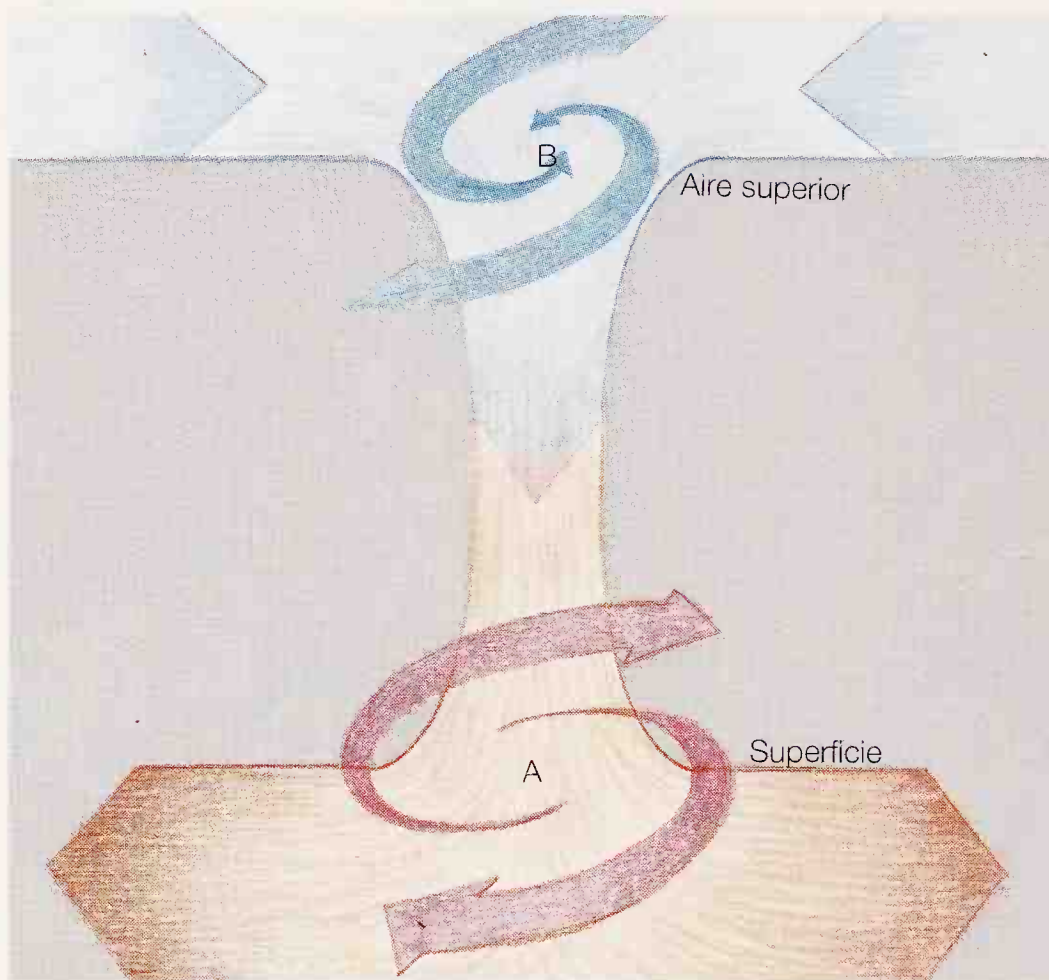


Un ciclón o depresión es una zona marcada de baja presión, con la presión más baja en el centro. Esto se debe a que, al elevarse el aire en el centro, es barrido rápidamente por vientos de gran altitud, que soplan desde el centro hacia el exterior. En el nivel de la superficie, el aire es atraído a la depresión y arrastrado hacia el centro en un movimiento circular (véase **Efecto Coriolis**). En el hemisferio sur, los vientos giran en el sentido de las agujas del reloj, y en el hemisferio norte en dirección contraria. Cuanto mayor es la fuerza del gradiente de presión, más rápidos son los vientos. Los ciclones suelen tener miles de kilómetros de diámetro y se extienden verticalmente por toda la troposfera. En latitudes medias, los sistemas de baja presión están asociados con nubes y lluvias o nieve, como resultado de la condensación y precipitación del aire que se eleva y se enfría. Sobre aguas tropicales, los ciclones pueden transformarse en **huracanes**. Los ciclones se generan a menudo a lo largo de frentes, tal como ocurre en el frente polar en las latitudes septentrionales (véase **Frentes ocluidos**). (Véase la pág. 27 para los símbolos.)



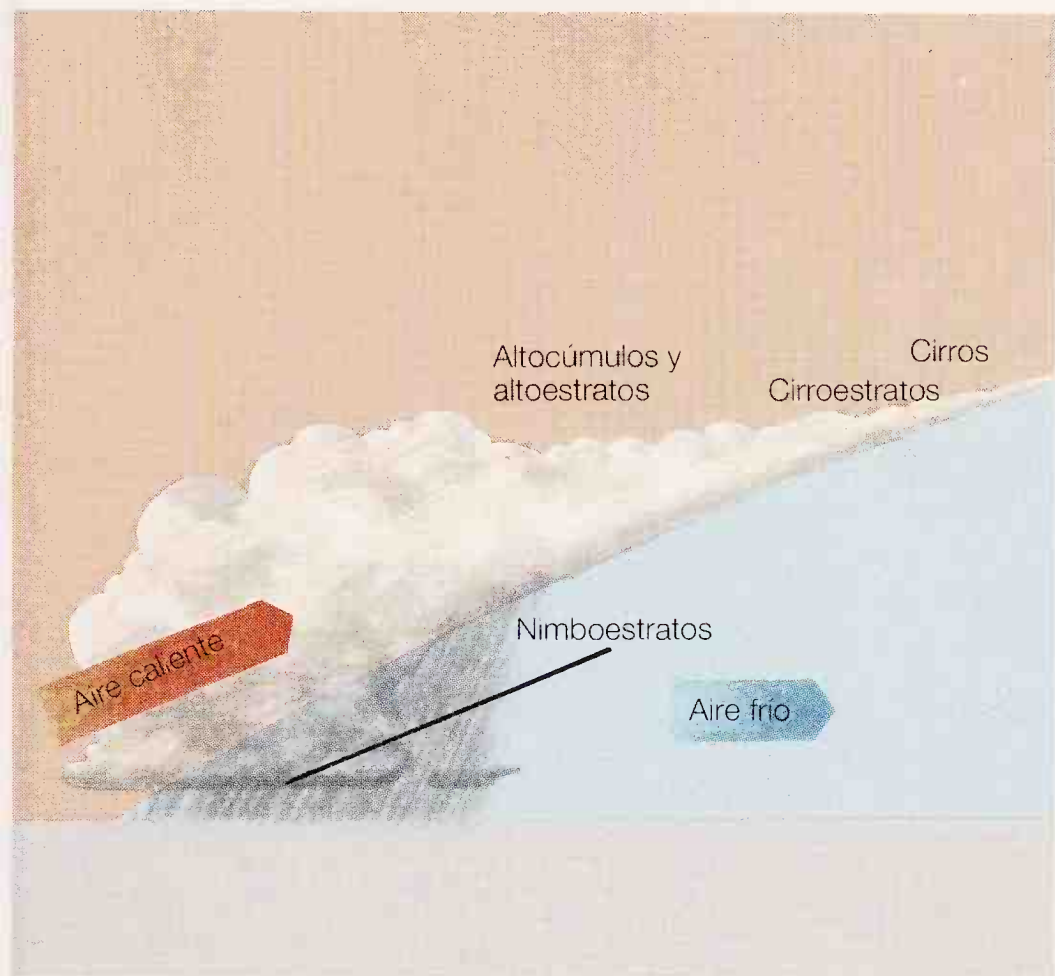


# Anticiclones



Los anticiclones son sistemas de presión alta que pueden extenderse sobre vastas zonas. En el centro de un anticiclón, el aire baja hacia la superficie y, a medida que se hunde, se comprime y se calienta y deja un centro de baja presión en el aire superior. En la superficie, el aire fluye hacia afuera desde el centro de un anticiclón y se desvía como resultado del **Efecto Coriolis**. En el hemisferio norte, los vientos giran en el sentido de las agujas del reloj, y en el hemisferio sur, en sentido contrario. El gradiente de presión desde el centro hacia afuera es rara vez tan fuerte como en un **ciclón**, por lo que los vientos en el anticiclón son corrientemente más suaves. Los anticiclones se asocian a menudo con el tiempo bueno y soleado, pues las nubes son menos propensas a formarse en el aire descendente cálido. Los anticiclones estacionarios causan de vez en cuando olas de calor y sequía en verano y frío extremo en invierno. Los anticiclones estacionales se desarrollan en invierno en el interior de los continentes cubiertos de nieve y, a medida que se enfría el aire, se hacen más densos y profundos. La máxima presión en superficie que se ha registrado en todos los tiempos (1.080 mb) lo fue en pleno invierno en Siberia.

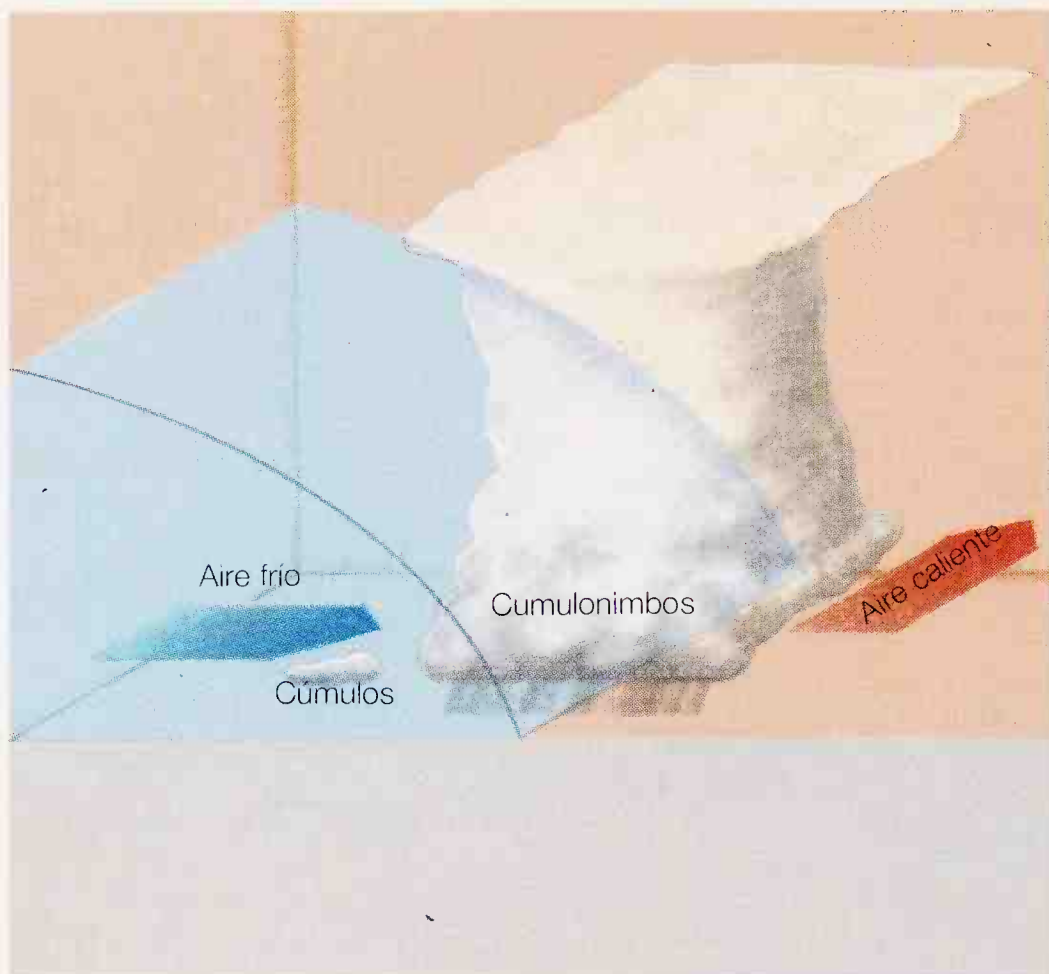
# Frente cálido



Los frentes cálidos (véase **Mapa meteorológico** para el símbolo) se forman cuando el aire caliente se desplaza para reemplazar a la masa de aire frío. El aire caliente fluye por encima del aire frío, describiendo una suave pendiente, y se enfría. Las nubes se condensan en el aire que se enfría al elevarse. El avance de un frente cálido se anuncia unas 48 horas antes por **cirros**, el primer signo de una capa de aire cálido en lo alto, y una ligera caída de presión. Los cirros dan paso a los **cirroestratos**. Siguen los **altoestratos** de mediana altitud, dando lugar a un cielo encapotado plomizo o, si el aire caliente es inestable, a un cielo cubierto de **cirrocúmulos**. Los **nimboestratos**, oscuros y bajos, preceden a la línea del frente y producen lluvia y nieve persistente. La línea de lluvia puede tener hasta 250 o 300 km de ancho y tardar seis o más horas en pasar, después de lo cual la presión comienza a elevarse. Los frentes cálidos se mueven bastante lentamente, a unos 25 km/h. Si el aire caliente es inestable, el frente puede estar acompañado por **cumulonimbos**, que producen una mezcla de lluvia tranquila, llovizna y chaparrones con aparato eléctrico. Los frentes cálidos asociados a las depresiones a menudo son seguidos por un frente frío (véase **Frente ocluido**).



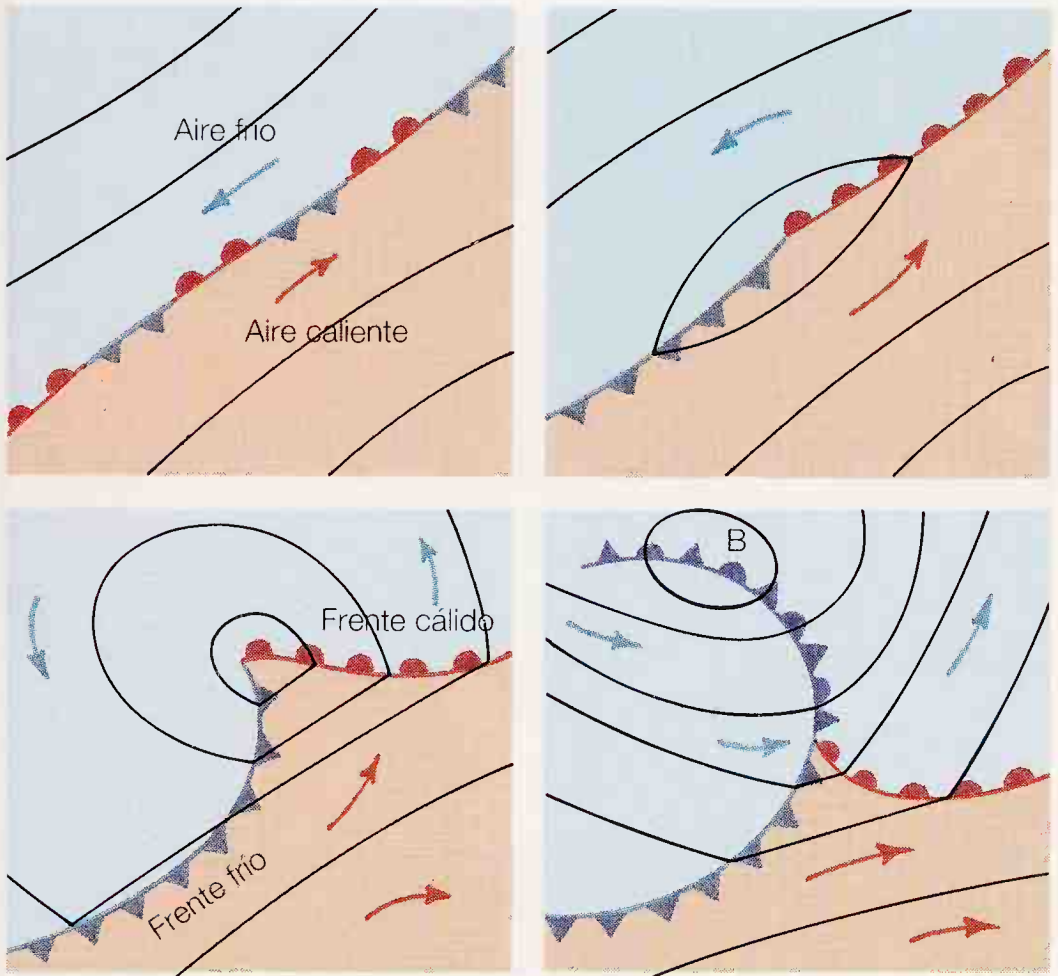
# Frente frío



El avance de un frente frío (véase **Mapa meteorológico** para su símbolo) suele ir acompañado por una caída de presión seguida por fuertes aguaceros que aclaran rápidamente para dar paso a un tiempo brillante y más frío y una elevación de la presión de aire. Un frente frío se forma cuando una gruesa cuña de aire frío se desliza por debajo de una masa de aire caliente. El aire caliente es forzado repentinamente hacia arriba y se condensan nubes **cumulonimbos**, que se elevan y se enfrían rápidamente y producen fuertes aguaceros, a veces tormentosos, de corta duración. Por lo general, los **frentes fríos** se mueven más velozmente que los frentes cálidos, hasta 40 a 50 km/h (frente a los 25 km/h de éstos). Son también más estrechos, y la totalidad del frente ha pasado corrientemente en 4 o 5 horas. Los frentes fríos pueden ser precedidos por **cirros** altos, pero éstos a menudo no pueden verse encima de las nubes bajas de la masa de aire caliente, y la gruesa nube portadora de lluvia llega sin advertencia. Los frentes fríos más lentos producen una lluvia sostenida procedente de **nimboestratos** mezclados con los chaparrones más fuertes de los **cumulonimbos**. A menudo los frentes fríos siguen de cerca a frentes cálidos insertos en depresiones (véase **Frentes ocluidos**).



# Frente ocluido



Los frentes ocluidos (véase **Mapa meteorológico** para el símbolo) se producen cuando un **frente frío** alcanza a un **frente cálido**, y son corrientes en las zonas de ciclones (depresiones) de las latitudes medias. En el hemisferio norte, los **ciclones** se desarrollan a lo largo del frente que separa la masa de aire frío del norte de la masa de aire caliente del sur (1). Cuando el aire frío penetra bajo la capa de aire caliente en algún punto (2), el frente se enrosca y encierra entre los dos brazos (3) un sector de aire caliente. Éste es comprimido horizontalmente y forzado a subir por encima de la masa de aire frío. Como el aire frío se aleja rápidamente y el aire caliente se desplaza con mayor lentitud, se forma una zona de bajas presiones alrededor de este enroscamiento. La masa de aire frío, que se desplaza unas dos veces más rápido que el aire cálido, acaba por capturarlo (4) y lo levanta, con lo que se forma un frente ocluido. La lluvia persistente típica de un frente cálido es seguida inmediatamente por chaparrones de **cumulonimbos** que acompañan al frente frío sin ningún respiro de buen tiempo intermedio. Una vez que el frente ha quedado ocluido, cesa de crecer la depresión y la presión comienza a igualarse.



# Cielo rojo al anochecer



«Arreboles al ocaso, a la mañana el cielo raso», «Alba roja, capa moja». Estos dichos son una muestra de la sabiduría popular sobre el tiempo en todo el mundo. Los chinos le dirán «quédate en casa cuando el cielo de la mañana aparece rojo, pero procúrate un buen día de viaje cuando las nubes del atardecer enrojecen». Estos dichos del folclore sobre el tiempo son bastante ciertos, por lo menos en situaciones en que los **frentes** con sus nubes y lluvias asociadas se desplazan generalmente de oeste a este, como a menudo pasa en la Europa occidental. Los cielos vivamente coloreados se producen cuando el sol naciente o poniente brilla a través de una atmósfera seca, calinosa y polvorienta, condiciones típicas del aire anticiclónico. El cielo rojo en el este por la mañana, sugiere que el buen tiempo ha pasado ya por encima, de modo que cualquier nube iluminada por el sol naciente es probable que sea el anuncio del avance de un frente. El cielo rojo en el oeste por la tarde es más esperanzador: el aire seco está en camino de traernos buen tiempo con él.

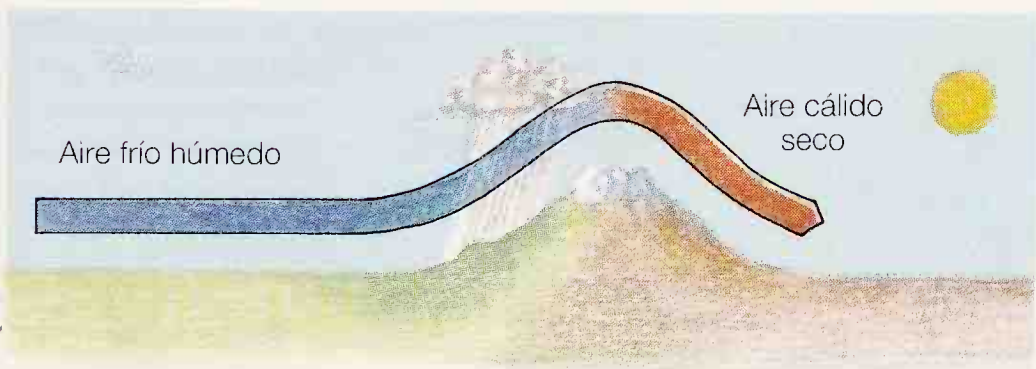
# Nubes

Las nubes son el aspecto del tiempo más fácil de estudiar. En cualquier momento, alrededor del 50 % del cielo de la Tierra está oscurecido por nubes (véase **Frentes**).

Las nubes están formadas por gotitas microscópicas de agua o, a mayor altura, en los niveles más fríos, por diminutos cristales de hielo. Se producen cuando el vapor de agua que hay en el aire se condensa o se hiela cuando se enfría el aire. En las nubes de gran altitud que se forman a temperaturas de alrededor de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el vapor se hiela instantáneamente en finísimos cristales de hielo. Aunque la temperatura puede ser inferior a  $0^{\circ}$ , aun en las nubes bajas, las gotitas de agua son tan pequeñas que pueden enfriarse bastante por debajo del punto de congelación normal sin transformarse en hielo (sobreenfriamiento).

Las gotitas de agua formadas por condensación en las nubes tienen en general entre 1 y 50 micrómetros ( $\mu\text{m}$ )\* de diámetro. Son muy ligeras y permanecen en suspensión en el aire y caen tan lentamente que se evaporan antes de alcanzar el suelo. Para caer como lluvia, las gotitas deben ser mayores de  $100\text{ }\mu\text{m}$ , a cuyo tamaño pueden caer como **llovizna** de nubes muy bajas. Las verdaderas gotas de lluvia son mucho más grandes, de alrededor de 1 mm de diámetro, y cientos de miles de veces más pesadas que las gotitas de las nubes. Las gotas de lluvia se forman en las nubes de diversas maneras (véase **Lluvia**), y sólo ciertos tipos de nubes dan lluvia.

Las nubes se forman en diferentes situaciones. Las pequeñas y algodonosas se generan en lo alto de corrientes de aire ascendentes que se elevan por encima de las zonas de terreno calentado por el Sol. En las montañas, por lo general se forman cuando el aire es forzado a avanzar elevándose por la pendiente, y se enfría a medida que sube (véase el diagrama inferior). Los **frentes** y **ciclones** (depresiones) se acompañan por nubes extensas cuando capas de aire cálido se elevan por encima de capas de aire frío. La **neblina** y la **niebla** son simplemente nubes que se han formado cerca del suelo.

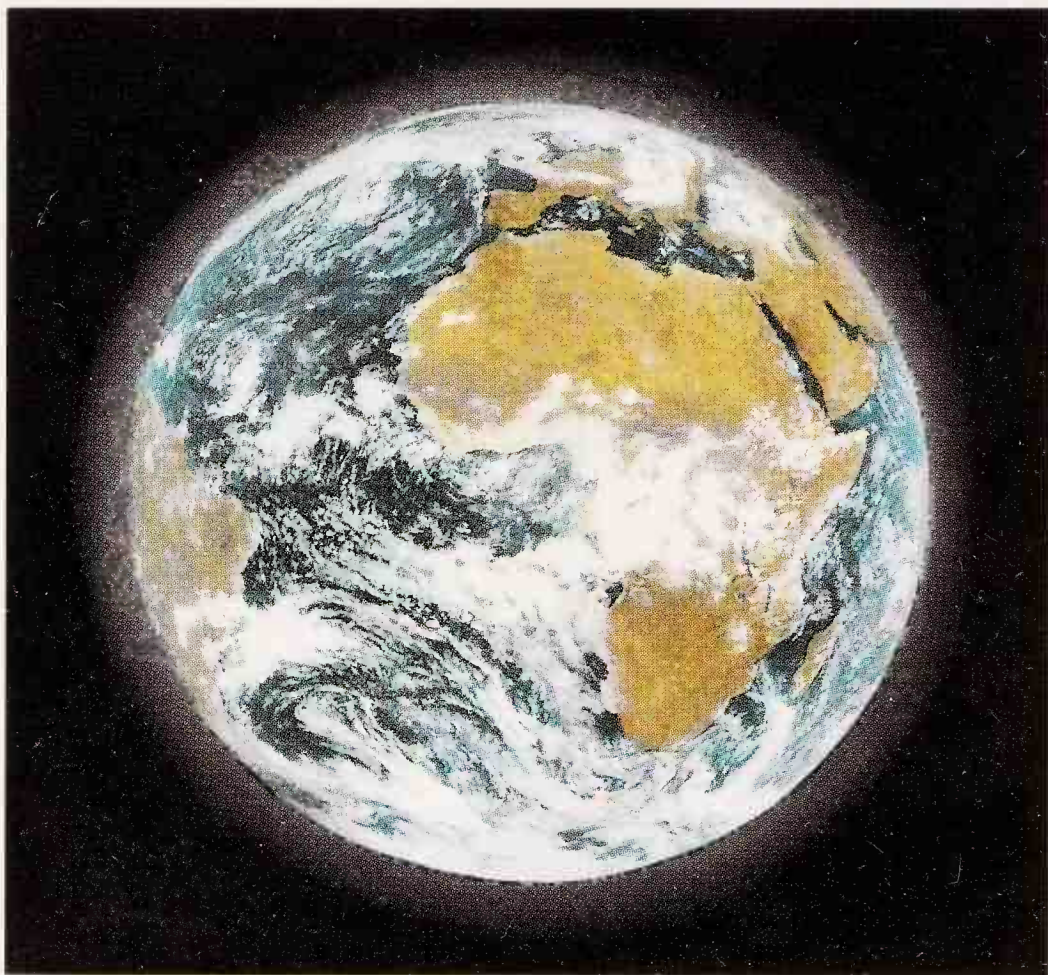


\*  $1\text{ }\mu\text{m} = 0,001\text{ (1/1000) mm}$ .



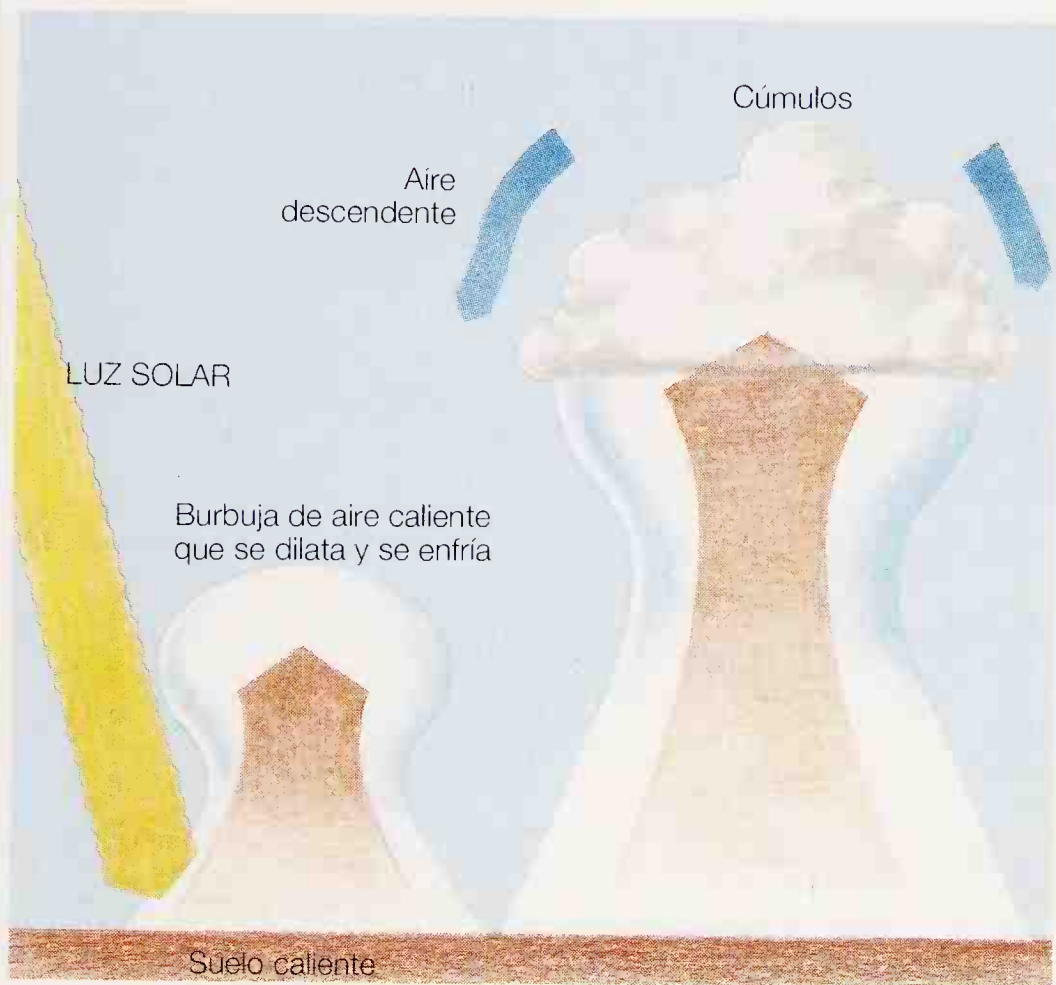


## Cubierta de nubes



Las nubes siempre cubren alrededor del 50 % del cielo. Las imágenes de la Tierra obtenidas desde el espacio muestran sobre las regiones ecuatoriales un cinturón de nubes de aire muy caliente y húmedo que está continuamente elevándose y enfriándose. A cada lado del Ecuador, el aire es más claro sobre los desiertos y praderas secas. Los remolinos de nubes indican los **ciclones** (depresiones). Las nubes ayudan a regular la temperatura así como a mantener grandes cantidades de agua que finalmente volverá a la Tierra como **lluvia** o **nieve**. En el aire claro, sin nubes que reflejen la luz que llega del Sol, la temperatura de la superficie se eleva rápidamente desde el momento justo antes del amanecer a un máximo alrededor de media tarde. Después de esto, la radiación que sale excede a la que llega y la superficie comienza a enfriarse. En una noche clara, sin nubes que absorban y vuelvan a irradiar el calor, la superficie continúa perdiendo calor y se enfría rápidamente. En el extremo opuesto, un cielo cubierto puede reflejar hasta el 80 % de la luz del Sol que llega. Pero, aunque el día es más frío, las nubes también evitan que el calor se pierda, por lo que en condiciones de nublado hay menos diferencia entre las temperaturas del día y la noche.

# Formación de nubes

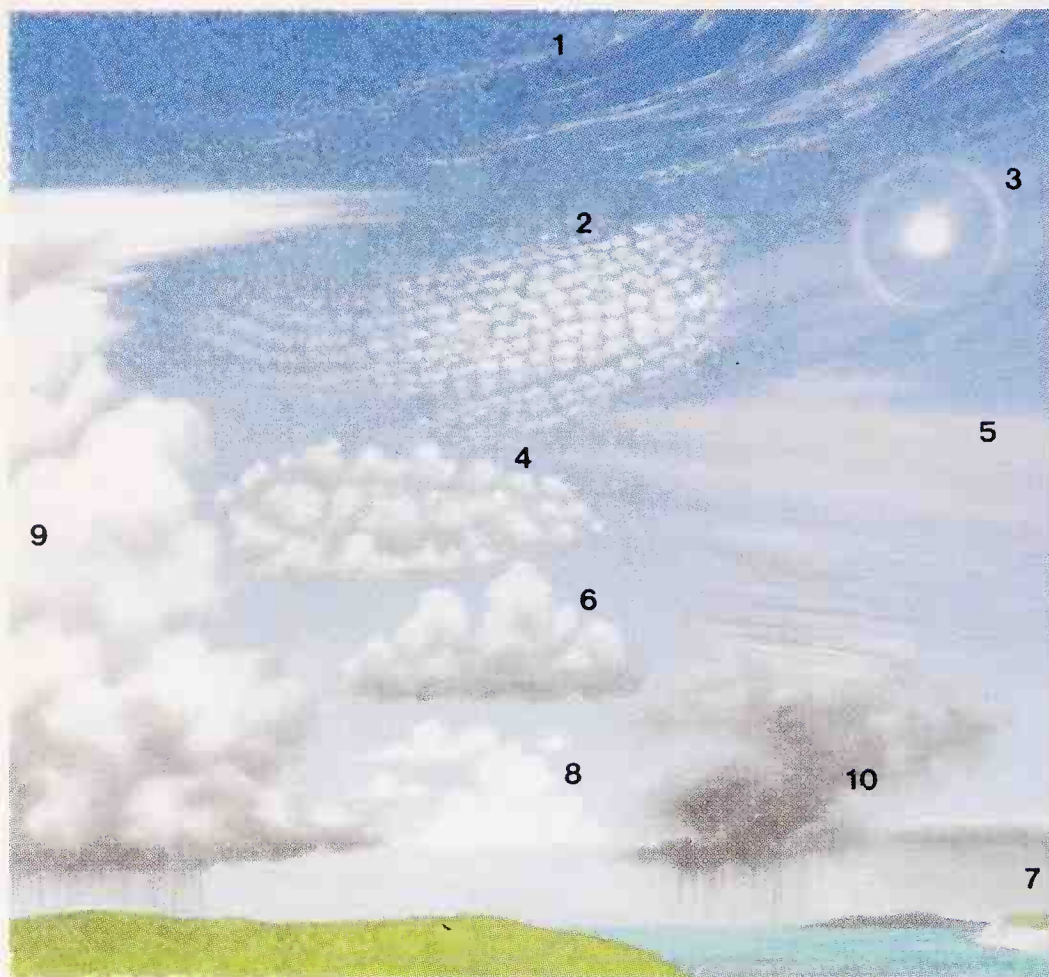


Las nubes se forman cuando el aire se enfría más allá de su punto de saturación (véase **Humedad**). El aire se enfría adiabáticamente cuando, al elevarse, se ve sometido a una **presión atmosférica** cada vez menor. El aire se eleva al calentarse por el calor irradiado por el suelo (como en el diagrama superior) o cuando es obligado por un obstáculo, tal como una serie de montañas o una capa de aire más frío. Cuando el calentamiento local produce una columna de aire caliente (ascendencia térmica) que se eleva a través del aire frío circundante, se forman pequeños cúmulos típicos de un buen día. Al elevarse, el aire se expande a medida que decrece la presión y, al dilatarse, se enfría. El aire frío puede mantener menos agua en forma de vapor que el aire caliente. Si el aire caliente y húmedo se enfría, puede finalmente alcanzar la saturación, el punto en el cual tiene tanto vapor de agua como puede contener a esta temperatura. Si se enfría más, el vapor comienza a condensarse como gotitas de agua líquida que se hacen visibles como nube. En la práctica, las nubes se forman antes de que el aire alcance su punto de saturación pues aun la atmósfera más limpia contiene partículas de polvo y sal, que proporcionan superficies sobre las cuales se condensa el agua más fácilmente.





# Tipos de nubes



Hay dos tipos principales de formaciones nubosas. Los **cúmulos** se producen por convección: «burbujas» de aire se calientan en la superficie y se elevan rápidamente en una atmósfera inestable que tiende a facilitar las corrientes ascendentes. Los **estratos** (nubes en capas) se forman cuando extensas capas de aire húmedo se elevan y se enfrían en una atmósfera estable estratificada que tiende a evitar el movimiento ascendente del aire. Las nubes en capas forman hojas gruesas o delgadas o se fraccionan por el viento en ondulaciones, arrugas y rollos. Corrientes de convección en una capa de nubes dan lugar a formaciones intermedias entre cúmulos y estratos. Los principales tipos de nubes recibieron sus nombres actuales a principios del siglo XIX. **Cirros** (1), **cirrocúmulos** (2) y **cirroestratos** (3) son nubes altas hechas de cristales de hielo; **altocúmulos** (4) y **altoestratos** (5) son nubes de mediana altitud; los **estratocúmulos** (6) y **estratos** (7) son nubes de baja altitud. Los **cúmulos** van desde borlas aborregadas de un blanco luminoso (8) a nubes tormentosas oscuras en forma de torre (**cumulonimbos** [9]) que alcanzan justo a lo alto de la troposfera. Los **nimboestratos** (10) son nubes de lluvia oscuras de base baja.



# Cirros (Ci)



Las nubes filamentosas se forman entre 5 y 11 km de altitud y están compuestas totalmente de cristales de hielo. Pueden tener la forma de pequeñas manchas de nubes blancas y sedosas o desgarradas por los vientos de la atmósfera superior en finas hebras con los extremos rizados. Cuando desfilan espectacularmente por el cielo son a menudo el primer signo de una tormenta o de la aproximación de un **frente cálido**. Cuando una masa de aire cálido en movimiento pasa por encima de una masa de aire frío estacionario, el vapor de agua que contiene se condensa y se hiela instantáneamente. Los rizos y ganchos de los cirros son producidos por finas estelas de cristales de hielo que caen lentamente. Las nubes de hielo, tales como los **cirros**, **cirroestratos** y **cirrocúmulos**, se forman cuando el aire alcanza su punto de condensación a temperaturas por debajo de  $-40^{\circ}\text{C}$  y se congela inmediatamente. Las nubes de hielo tienden a crecer en vez de evaporarse después de helarse y pueden durar largo tiempo.



# Cirrocúmulos (Cc)



Los cirrocúmulos son nubes de alto nivel formadas entre 5 y 11 km de altura. Están compuestas de cristales de hielo y desarrollan un patrón regular de bandas y filas de finas borlas blancas de nubes que parecen una piel moteada. En general preceden a una tormenta o a un frente que se aproxima trayendo tiempo inestable.

# Cirroestratos (Cs)



Los cirroestratos son nubes en forma de velo transparente de cristales de hielo formadas entre 3 y 11 km de altura. A menudo siguen a los **cirros** al aproximarse un **frente cálido**, pero es difícil distinguirlos de la niebla causada por la contaminación. Sin embargo, a diferencia de la niebla producida por la condensación de vapor de agua sobre partículas de agentes contaminantes, los diminutos cristales de hielo de los cuales están hechos los cirroestratos refractan la luz, y se puede reconocer a éstos por los halos característicos que producen alrededor del Sol o de la Luna.





# Altocúmulos (Ac)



Los altocúmulos, nubes blancas o grisáceas de las capas medias de la troposfera con la base situada entre 2 y 6 km de altitud, se forman sobre los **estratocúmulos**. Pueden originarse a partir de las masas más altas de estratocúmulos o grandes cúmulos, así como aparecer en un cielo sin nubes cuando el aire se eleva ante un frente que se aproxima. Los altocúmulos están principalmente formados por gotitas de agua, pero a veces contienen también cristales de hielo en sus capas superiores. Según el movimiento del aire, pueden tomar muchas formas, incluyendo bandas paralelas o patrones regulares. A menudo se parecen mucho a los estratocúmulos y pueden ser difíciles de diferenciar, pero sus elementos constitutivos son en general más pequeños porque están más altos y más lejanos.

# Altoestratos (As)



Los altoestratos son la capa uniforme grisácea o azulada de nubes a menudo listadas que cubren toda o parte del cielo, con una base entre 2 y 6 km de altitud. En ocasiones es suficientemente delgada para que pueda verse la posición del Sol a través de ella, aunque no con un perfil claro. Consisten fundamentalmente en gotitas de agua sobreenfriadas, pero a veces éstas se congelan al ser capturadas por cristales de hielo que caen de nubes más altas. Reemplazan a los cirroestratos a medida que se acerca un frente cálido. Si se espesan y bajan en una masa de aire frío, se transforman en **nimboestratos**, las nubes productoras de lluvia o nieve persistentes.



# Nimboestratos (Ns)



Los nimboestratos son una capa de nubes gruesas, oscuras y espesas con una base entre 900 m y 3 km. Van acompañadas de una caída persistente de lluvia o nieve, según la temperatura del aire bajo ellas. Los nimboestratos producen un cielo bajo, gris y húmedo, a menudo con lluvia persistente, con parches sueltos de nubes gruesas deshilachadas que corren aprisa bajo la base principal de la nube, o un cielo casi negro que anuncia la nieve. Se forman cuando una capa de aire cálido húmedo es forzada a elevarse sobre una masa de aire frío o una montaña y cuando la nube resultante puede engrosarse suficientemente para producir cristales de hielo en las capas superiores. Los nimboestratos acompañan típicamente a los **frentes cálidos**, separando dos masas de aire húmedo, como resultado de la transformación de **altoestratos** que se espesan y descienden en el aire frío y húmedo subyacente.



# Estratocúmulos (Sc)



Los estratocúmulos son nubes de baja altitud formadas a menudo cuando el viento produce turbulencias en el aire húmedo cercano al suelo, mezclando el aire verticalmente y llevando el aire húmedo desde la superficie hacia arriba. Los estratocúmulos no son una capa grisácea uniforme como los **estratos** (de aquí el añadido de «cúmulos» al nombre), sino que están compuestos de amontonamientos más o menos continuos de nubes blancas o grisáceas, a menudo dispuestas en bandas o rollos, a veces separadas por claros. Si las nubes son espesas, ofrecen un marcado contraste entre partes claras y oscuras. La base de las nubes, compuestas por gotitas de agua, puede estar desde unos 400 m a 2 km de altitud. Son bastante corrientes en invierno cuando el aire cálido y húmedo se desplaza hacia el norte. Los estratocúmulos no son muy gruesos y tienden a dar solamente ligera llovizna, a temperaturas por encima de la congelación, o nieve ligera pero persistente sobre las montañas a temperaturas inferiores a 0 °C. Pueden formarse cuando las partes superiores de los **cúmulos** tropiezan con una capa estable cálida, y se aplanan. La base de los cúmulos se dispersa dejando una capa de estratocúmulos. Los estratocúmulos pueden espesarse al descender, cuando el aire subyacente se hace más húmedo, dejando el aire de encima claro y seco.



## Estratos (St)



La capa de nubes bajas gris uniforme, conocida generalmente como estratos, tiene la base alrededor de 400 m de altitud o menos. Se forma en el aire de condiciones estables, cuando los vientos en el nivel de la superficie mantienen debajo de la base de la nube una capa de aire bien mezclado y demasiado caliente para que se produzca la condensación. La **niebla** es un estrato que se forma a nivel del suelo en ausencia de turbulencia; inversamente, los estratos pueden originarse por la elevación de la niebla. Los estratos raramente son suficientemente gruesos para producir lluvia, pero pueden producir una ligera **llovizna**, o nieve en altitudes mayores. Cuando el sol puede verse a través de ellos, su perfil es nítido. Los estratos pueden formarse también bajo una verdadera nube de lluvia (**nimboestratos**) cuando la lluvia producida por ésta cae en una capa más caliente, se evapora y aumenta la humedad de ésta a la vez que la enfría. Toman entonces la forma de nubes deshilachadas (**fractus**) que el viento empuja bajo la base de una nube de lluvia.





Los retazos deshilachados de **estratos** que se levantan desde el suelo de un valle o corren cerca del suelo bajo las grandes nubes de lluvia, se conocen como fractus, que, una vez formados, se dispersan rápidamente. Los fractus se forman bajo una nube de lluvia, cuando el aire ascendente se humedece hasta la saturación por la llovizna que cae.





# Cúmulos (Cu)



Los cúmulos son habituales en los días de buen tiempo, cuando el suelo se calienta fuertemente por el Sol. A menudo se forman agrupaciones de estas nubes con todas sus bases al mismo nivel (véase **Alineaciones de nubes**). El calentamiento local del suelo produce corrientes ascendentes de aire caliente (térmicas), cada una de las cuales produce una nube en forma de coliflor a medida que el aire se enfría al elevarse y el vapor de agua se condensa. Los cúmulos tienen un contorno bien marcado causado por la formación continua de gotitas finas en la nube, alimentada por la corriente ascendente de aire cálido y la rápida evaporación en sus bordes en el aire seco que las rodea. Los cúmulos suelen formarse a media mañana cuando el suelo se calienta, alcanzan su máximo tamaño a media tarde y se dispersan cuando el suelo se enfría. La base de la nube está corrientemente a unos 700 m de altitud, pero puede oscilar entre 500 m y 2 km. La altura de la parte superior de la nube está determinada por la altura a la cual la temperatura del aire que se eleva alcanza la del aire que lo rodea. Los cúmulos están separados por las corrientes de aire descendentes que compensan a las ascendentes, por lo que, en general, cubren menos de la mitad del cielo.

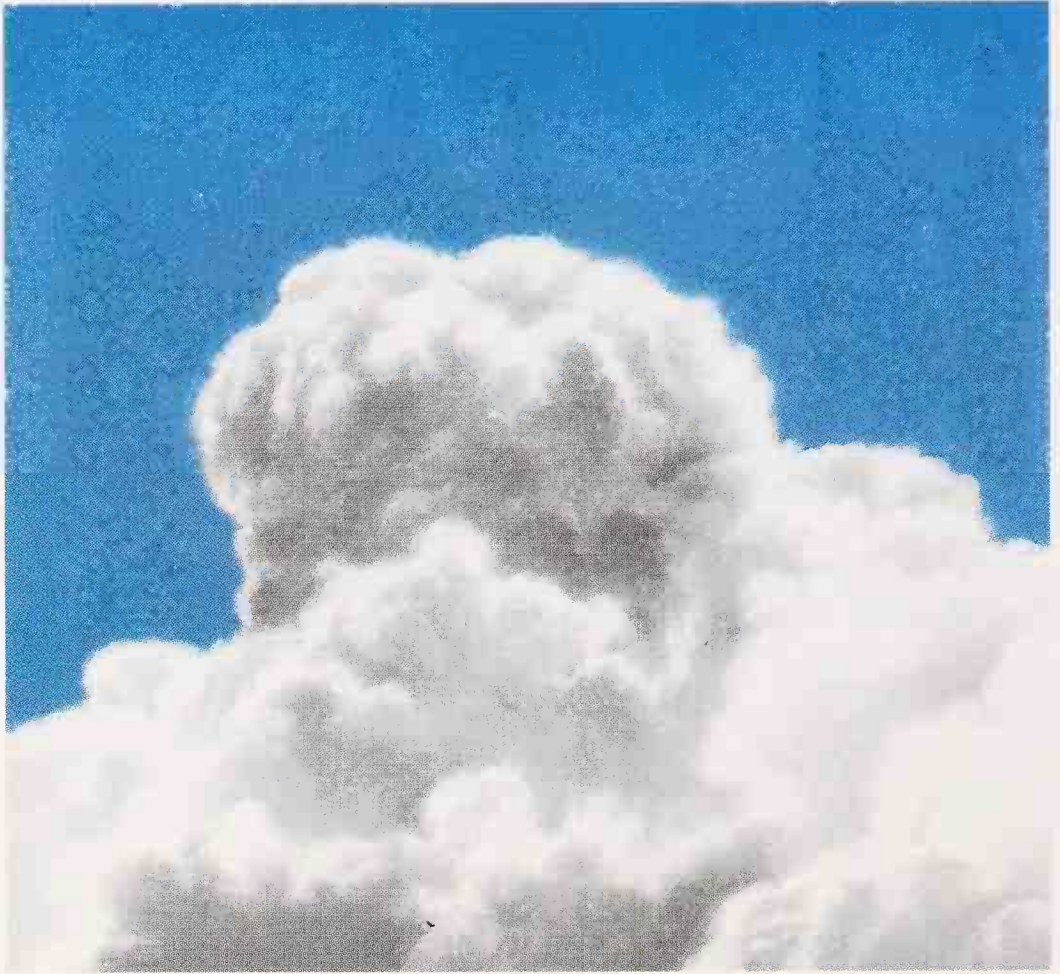


En terreno abierto llano, los **cúmulos** a menudo se alinean en filas, lo que es llamado «alineación de nubes». Estas formaciones son a veces el resultado de la sucesión de nubes generadas en el aire húmedo por las corrientes de aire ascendentes, que luego son empujadas por el viento. En un día soleado, sobre una superficie plana uniforme pueden formarse alineaciones paralelas regulares de nubes que se extienden en la distancia tan lejos como alcanza la vista. Esto es el resultado de una sucesión de corrientes de subida y bajada, creada por el calentamiento general del terreno y la dirección de la brisa. En las fotografías tomadas por satélite, suelen observarse grandes zonas de alineaciones de nubes sobre los océanos.





# Cúmulos congestus



Los pequeños **cúmulos** del buen tiempo pueden desarrollarse formando cúmulos mucho más grandes, conocidos como **cúmulos congestus**. Éstos se encuentran entre las nubes más fascinantes para contemplar, pues las persistentes corrientes de aire ascendentes producen en la nube burbujas y borlas continuamente cambiantes en la superficie superior. Este desarrollo prosigue mientras el aire ascendente permanece más caliente que el aire de su entorno, de modo que la nube permanece más ligera que su entorno y continúa creciendo hacia arriba, alimentada por la fuerte corriente ascendente de aire que sube a velocidades de hasta 20 m por segundo. Lo alto de los cúmulos congestus puede alcanzar hasta 3 a 5 km. A veces se aplanan cuando encuentran una capa de aire caliente estable, pero, a diferencia de los **cumulonimbus**, en cuyo seno pueden desarrollarse, esta parte alta no contiene cristales de hielo. En los climas de latitud media, los cúmulos congestus rara vez dan lluvia, pero pueden producir chaparrones ligeros. En los trópicos, sin embargo, los grandes cúmulos se desarrollan en una atmósfera muy húmeda, por lo que son la fuente de fuertes lluvias (véase **Lluvia cálida**).





Si usted observa elevarse grandes **cúmulos congestus**, puede tener la suerte de ver la evasiva nube **pileus**, una nube pequeña y vaporosa de cima redondeada que se produce transitoriamente encima de un cúmulo que se está elevando. Cuando un cúmulo se eleva hacia una capa de aire que se mueve horizontalmente encima de él, el aire ascendente que lo precede abre una pequeña brecha en esta capa antes de penetrar en ella. Si el aire está suficientemente húmedo, se forma una pequeña nube en el momento en que aquél alcanza la cresta de esta brecha. Pronto la parte alta del cúmulo llega hasta ella, y el pileus desaparece en la masa de la nube que se eleva.



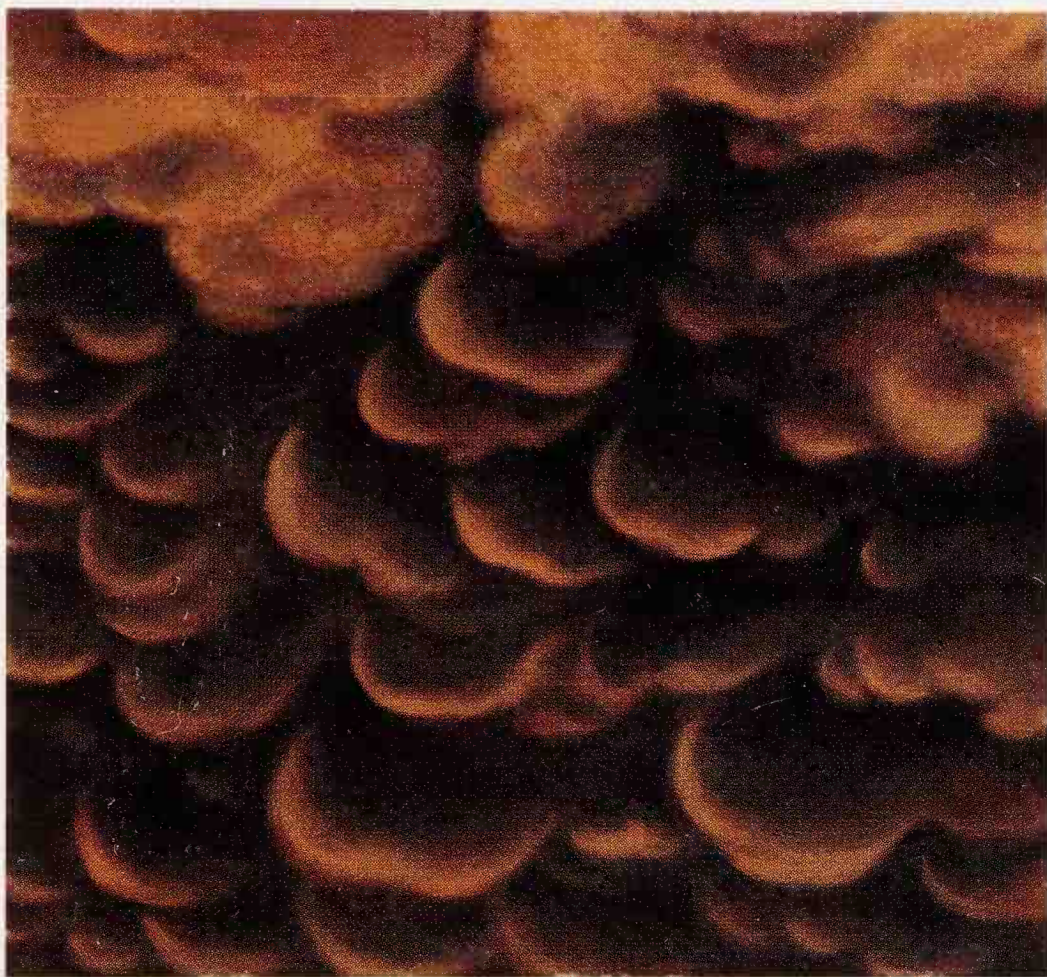


# Cumulonimbus (Cb)



En condiciones atmosféricas extremadamente inestables se forman enormes y densos cúmulos, blancos en los bordes pero muy oscuros en la base, que se elevan como gigantescas torres hasta el límite superior de la troposfera. Crecen a partir de grandes cúmulos con base entre 500 m y 2 km y la parte superior entre 3 y 6 km de altitud. En condiciones inestables, el aire en el interior de estas nubes es más cálido que el aire circundante y por ello la nube continúa creciendo por las fuertes corrientes de convección ascendentes. El calor producido a medida que las grandes cantidades de vapor de agua se condensan ayuda a alimentar las corrientes ascendentes de aire caliente. La parte alta de la nube se congela formando cristales de hielo, que crecen continuamente a medida que las gotitas de agua son absorbidas hacia arriba y se pegan a ellos. La burbujeante cúpula característica de un cúmulo en crecimiento se aplana una vez que se congela, y a menudo se extiende hacia afuera como un ancho penacho (el yunque) por la acción de los vientos de gran altitud. Los cumulonimbus totalmente desarrollados son nubes de tormenta, que traen fuertes chaparrones de **lluvia** o **granizo** y **tormentas eléctricas**.





La parte inferior del yunque de un **cumulonimbus** de tormenta es a veces una masa de bolsas redondeadas colgantes, formadas por cristales de hielo que caen, que se ponen de manifiesto por los rayos oblicuos del Sol cuando éste está bajo sobre el horizonte. Las bolsas aparecen en la nube hacia el fin de la tormenta, o poco después, y reciben el nombre de «mamma», por su manifiesto parecido con pechos. Pueden aparecer también en la base de una nube de lluvia, cuando las pequeñas gotitas que caen se unen entre sí.





# Cúmulos castellanus



Por la tarde, después de un día cálido y soleado, pueden a veces verse cúmulos altos y delgados como torres brotando de una delgada capa de **altocúmulos** formados sobre montañas bajas, un valle o una estrecha extensión de agua. Si las torres ascienden en el aire seco, se evaporan rápidamente en nubes aborregadas. A veces pueden también verse torres delgadas que surgen de lo alto y los lados de un cúmulo grande. Cada uno de ellos representa una corriente ascendente de aire cálido. Los altocúmulos castellanus indican aire inestable y a veces preceden a una tormenta eléctrica producida por el calor.



En las montañas son especialmente frecuentes toda clase de nubes. La superficie del suelo desigual y variada y las altitudes elevadas crean excelentes condiciones para la formación tanto de nubes de convección (**cúmulos**) como de capas de nubes (véase **Nubes**). Las nubes que a menudo cuelgan casi permanentemente sobre algunas montañas, en especial las que están cerca del mar, están causadas por el aire húmedo que se eleva y se enfría cuando encuentra la ladera de barlovento. Las nubes formadas en lo más alto de las laderas del barlovento a menudo dejan caer su humedad como lluvia o nieve. Una vez en la cima, el aire comienza a descender, es comprimido por la presión creciente y comienza a calentarse. Habiendo perdido la mayoría de su humedad, es corrientemente más seco en este momento y por eso el gorro de nubes no se extiende mucho por debajo del vértice en el lado de sotavento. Aunque los gorros de nubes parecen estacionarios, en realidad se renuevan continuamente por el flujo de aire. Las nubes formadas por el aire forzado a elevarse por un obstáculo tal como una fila de montañas se conocen como «nubes orográficas».





# Nubes de montaña

Nubes lenticulares

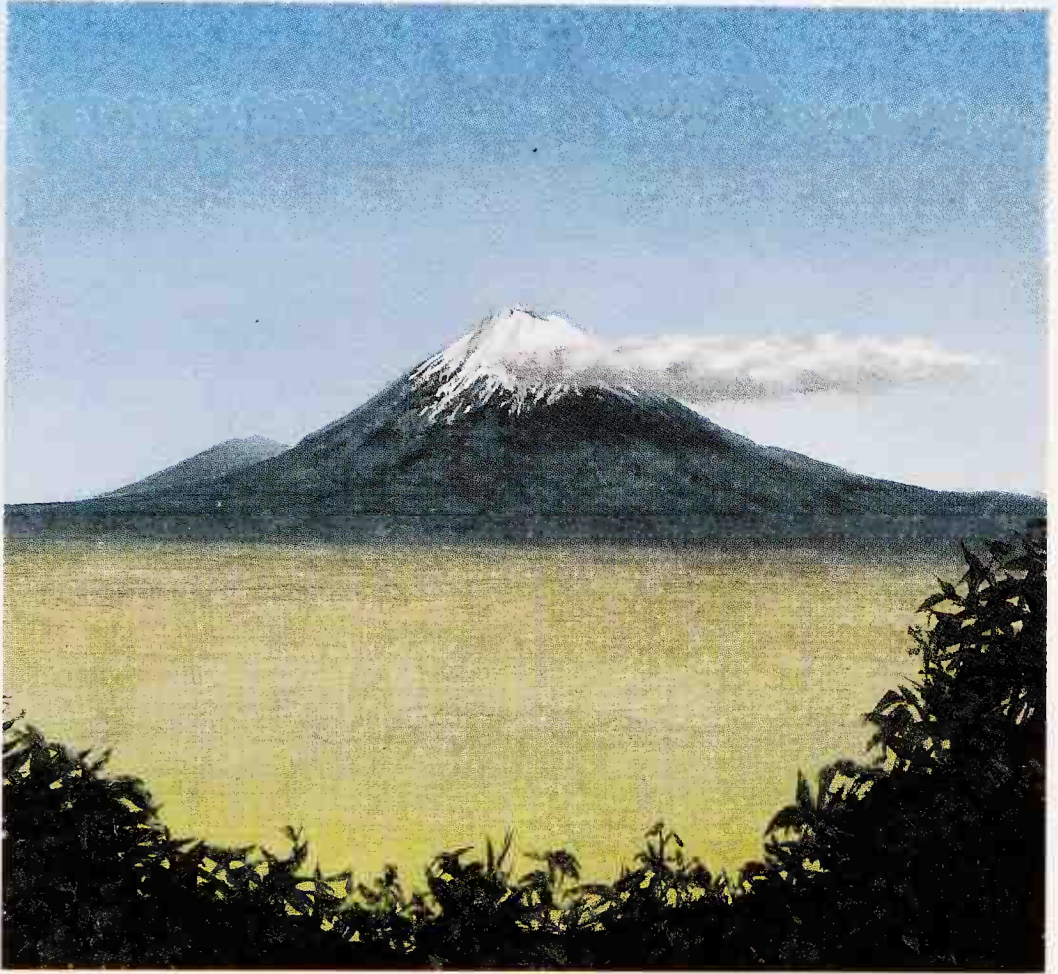


En lo alto de una montaña puede formarse una nube lenticular (en forma de lente) cuando una corriente de aire húmedo de gran altitud se eleva al pasar sobre el vértice. Si hay varias capas de aire húmedo, se forman pilas de nubes lenticulares de aspecto misterioso parecidas a «platillos volantes», como en esta ilustración de nubes lenticulares en la Antártida. También puede observarse una serie de nubes lenticulares cuando una corriente de aire forzada hacia arriba por la pendiente de una montaña forma ondas después de sobrepasar la cumbre, las llamadas «ondas de sotavento». El aire descendente es transportado a lo largo de estas ondas y se enfría al elevarse en las crestas. Si se enfría hasta la saturación, se forma un encadenamiento de nubes lenticulares de tamaño uniformemente decreciente en el lado de sotavento de las montañas.



# Nubes de montaña

Nubes en forma de bandera



Los picos altos aislados no presentan suficiente superficie al viento para forzarlo a fluir por encima del vértice. La corriente de aire se divide más abajo del vértice, y la turbulencia causada hace que el aire se eleve ligeramente hacia sotavento de la montaña. Si la corriente de aire es húmeda, esta elevación basta para formar una nube que se extiende con la corriente de aire y se evapora gradualmente a partir de la base, por lo que su forma recuerda a un triángulo o una bandera.





## Trazas de condensación y de disipación



Las trazas de condensación son las nubes en línea recta que se forman en la estela de un avión, como resultado de la condensación del vapor de agua emitido por los motores del avión. En el aire seco se dispersan rápidamente, pero en el aire húmedo permanecen durante largo tiempo antes de atenuarse gradualmente y hacerse menos visibles. El espacio entre el motor y el comienzo de la traza de condensación es el resultado de que el aire que sale de los motores es demasiado cálido para condensarse inmediatamente. Las trazas de disipación son bandas de aire claro dejadas por la evaporación de una nube por el calor de los motores cuando un avión pasa a través de ella.

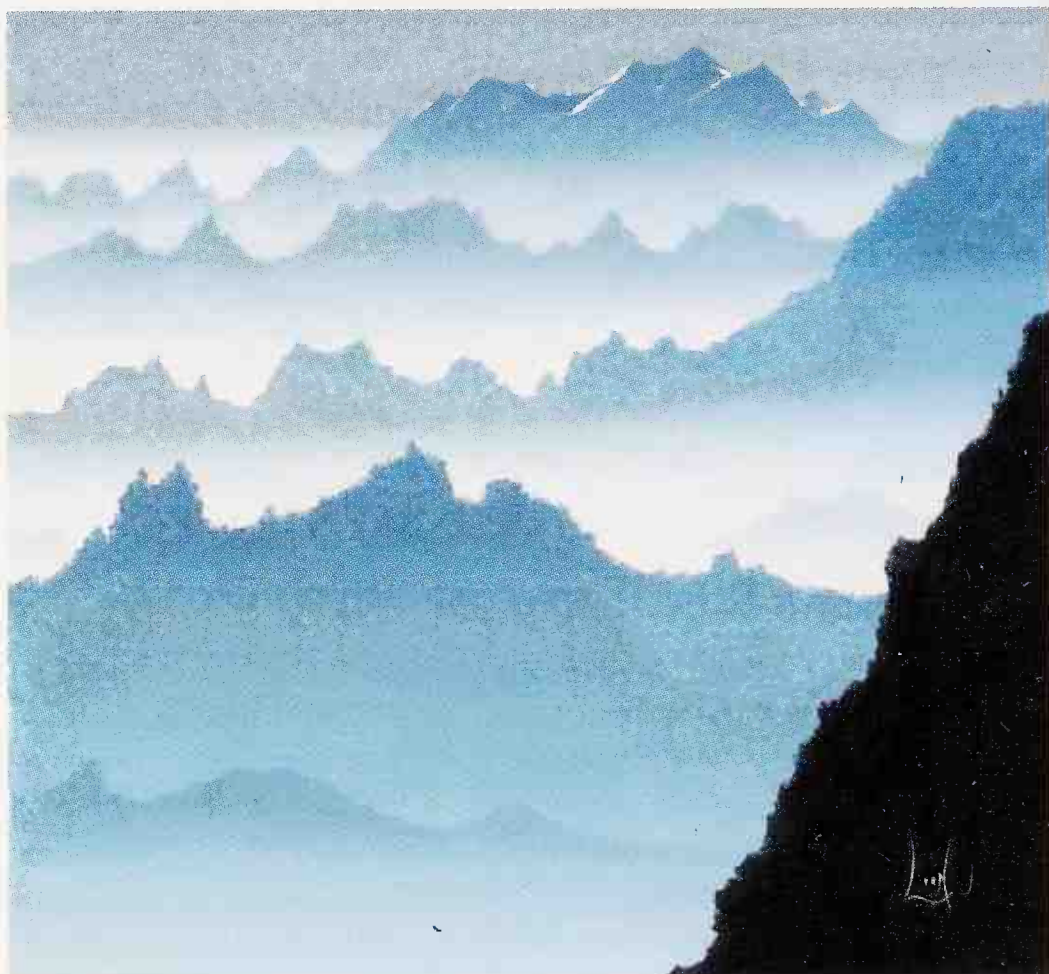


La niebla y la neblina no son más que nubes que se forman al ras del suelo y, como las nubes, se presentan por diferentes causas en diferentes situaciones. En todos los casos, una capa de aire cercana a la superficie debe enfriarse por debajo de su punto de condensación para producir niebla. El vapor de agua se condensa en diminutas gotitas que permanecen suspendidas en el aire. Las de la niebla son similares en tamaño a las de las nubes, 1 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro, mientras que las de la neblina son incluso más pequeñas (menos de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro). La niebla y la neblina se forman cuando el aire está bastante en calma, pero no completamente inmóvil. La niebla limita la visibilidad en la superficie a menos de 1 km. La niebla espesa, con visibilidad inferior a 200 m, suele causar accidentes automovilísticos e interrupción del tráfico aéreo. La neblina es más tenue y reduce la visibilidad entre 1 y 2 km. Una condición similar debida al polvo y humo presentes en la atmósfera se denomina «calima». Cuando la humedad cercana al suelo se enfría en el aire totalmente tranquilo a menudo se forma **rocío**. Cuando el aire y el suelo se enfrían por debajo de 0 °C, la humedad del aire se congela en forma de cristales de hielo o **escarcha**.

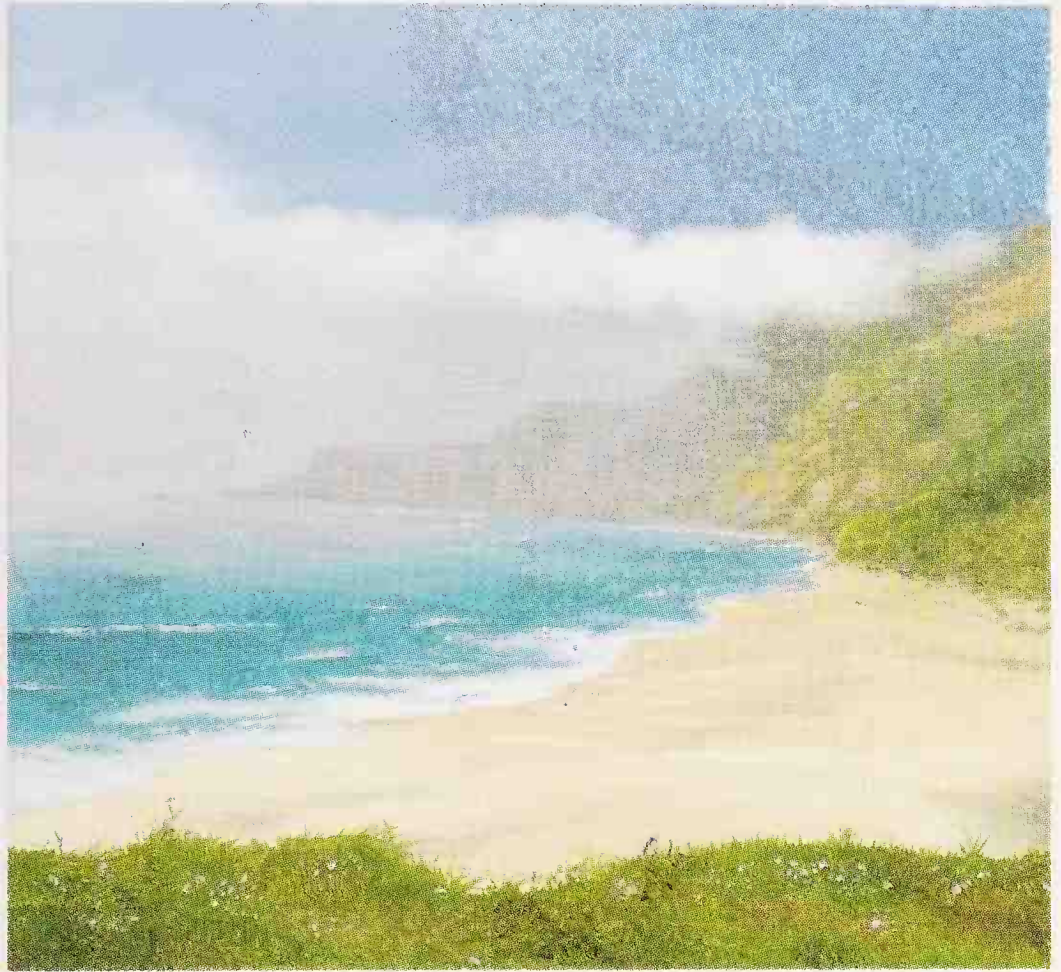




# Niebla de radiación



La niebla que se forma por la noche en los valles de los ríos y hondonadas húmedas y en terrenos bajos se produce cuando una capa de aire húmedo se enfría mientras el suelo de debajo pierde calor durante la noche. Es por lo tanto el resultado del enfriamiento por radiación, de donde toma su nombre. La niebla de radiación sólo se desarrolla sobre los continentes y es más común cuando las noches son largas, en otoño e invierno. En verano, el Sol por lo general calienta suficientemente para disiparla en la mañana temprano. Para producirse se necesita un cielo claro, de manera que el suelo se enfríe rápidamente por la noche, y un movimiento de la capa de aire muy ligero (alrededor de 1 a 3 m por segundo). En cambio, si ese aire está completamente inmóvil se forma sólo una capa de niebla muy delgada a nivel del suelo; demasiado viento, y la niebla se eleva para formar estratos bajos. La niebla de radiación se halla a menudo en retazos pues su formación depende del contorno del terreno y de la rapidez con que la superficie pierde calor. Tiende a recogerse en hondonadas y valles, porque el aire se hace más denso y pesado a medida que se enfría y desciende hacia el fondo de la pendiente. Una capa de niebla de radiación puede tener hasta 300 m de espesor, pero corrientemente es menor.



La niebla marina suele ser el resultado del lento desplazamiento de una capa de aire húmedo caliente sobre una superficie fría. El aire se enfría y el vapor de agua se condensa. La niebla producida de esta manera se llama «niebla de advección» para distinguirla de la **niebla de radiación**. Es corriente en el mar cuando el aire húmedo caliente se desplaza sobre una corriente fría, o cuando el aire tropical caliente se desplaza encima de las aguas frías. La niebla de advección es muy similar a los estratos nubosos, pero se produce cuando la capa de aire cercana al suelo está en calma, permanece fría y no se eleva. Una velocidad del viento de alrededor de 4,5 m por segundo es la condición ideal para la niebla de advección, y generalmente produce una capa de alrededor de 100 m de grosor. La niebla que el viento empuja desde el mar a menudo se aclara cuando alcanza la superficie cálida de la tierra. Cuando la niebla de advección se forma sobre la tierra, tiende a disiparse durante el día cuando se calienta el terreno y se vuelve a formar por la noche. El calor del día o el aumento de la velocidad del viento pueden también levantar la niebla del suelo y producir estratos. La niebla de las montañas se produce a veces de esta manera.





# Niebla de vapor



La niebla de vapor o «humo ártico» es el resultado de la circulación de aire frío sobre una extensión de agua caliente. Para que se forme niebla de vapor debe haber una gran diferencia de temperatura (por lo menos  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) entre el agua y el aire. La evaporación del agua caliente en el aire ya frío satura a éste casi inmediatamente y el vapor se condensa. Este tipo de niebla se suele ver en el Ártico cuando el aire frío proveniente del hielo y la nieve sopla sobre aguas relativamente calientes, cuya superficie parece entonces humear. Raramente forma una capa de más de unos 15 m de gruesa y a menudo es mucho más delgada. Un fenómeno similar se ve en verano sobre las carreteras calientes después de un chaparrón repentino, o cuando el aire frío se mueve sobre el agua caliente de lagos y ríos.





El *smog* es una combinación de humo u otros contaminantes y niebla. Ahora que el *smog* es cosa del pasado, la peor contaminación que amenaza la salud y comodidad humanas en las ciudades procede de los gases de escape de los automóviles. Las emisiones de escape contienen monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, distintos hidrocarburos, plomo (procedente de las gasolinas plomadas) y pequeñas cantidades de  $\text{SO}_2$  así como anhídrido carbónico. En las condiciones de calor soleado, los efectos de la contaminación de los escapes son peores por la formación de «*smog* fotoquímico». La luz solar actúa sobre los óxidos de nitrógeno para formar ozono y bióxido de nitrógeno. Asociados con formaldehído y nitrato de peroxiacetil (PAN), estos gases irritan los ojos y los pulmones y dañan también a las plantas. La visibilidad se reduce a medida que el número de partículas presentes en el aire aumenta y crea calima; las partículas actúan como núcleos en los cuales se condensa la humedad formando niebla y neblina. El *smog* de Los Ángeles y San Francisco persiste durante días cuando el aire contaminado queda atrapado bajo una capa superior cálida y no puede dispersarse. Se han tomado disposiciones legales para que los californianos equipen a sus vehículos con convertidores catalíticos que reduzcan la emisión de los peores contaminantes.





# Rocío



Las diminutas gotas de rocío se forman cuando la tierra pierde calor por la noche y enfría por debajo del punto de rocío el aire que está inmediatamente en contacto con ella. En este punto, el vapor de agua del aire se condensa sobre cualquier superficie fría, así como un vaso de agua fría enfriará el aire circundante para formar una condensación en su exterior. Una noche clara y el aire tranquilo son las condiciones ideales para el rocío matutino. A veces se confunde éste con las gotas de agua producidas por las mismas plantas en el proceso de goteo y que no pueden evaporarse en el aire saturado de agua que las rodea. Las gotas de goteo son en general grandes y cuelgan de la punta de la hoja, mientras que las gotitas de rocío son más pequeñas y se depositan sobre toda su superficie. Los rocíos más fuertes se presentan cuando una capa de aire caliente húmedo se desplaza sobre superficies que ya están muy frías, como sucede a veces cuando cambia el tiempo repentinamente después de una temporada de frío. En los lugares con buenas precipitaciones de lluvia, el rocío produce una proporción muy pequeña del agua que vuelve al suelo, pero puede ser una fuente esencial de humedad para la vida de las plantas y los animales en las regiones con poca precipitación lluviosa.



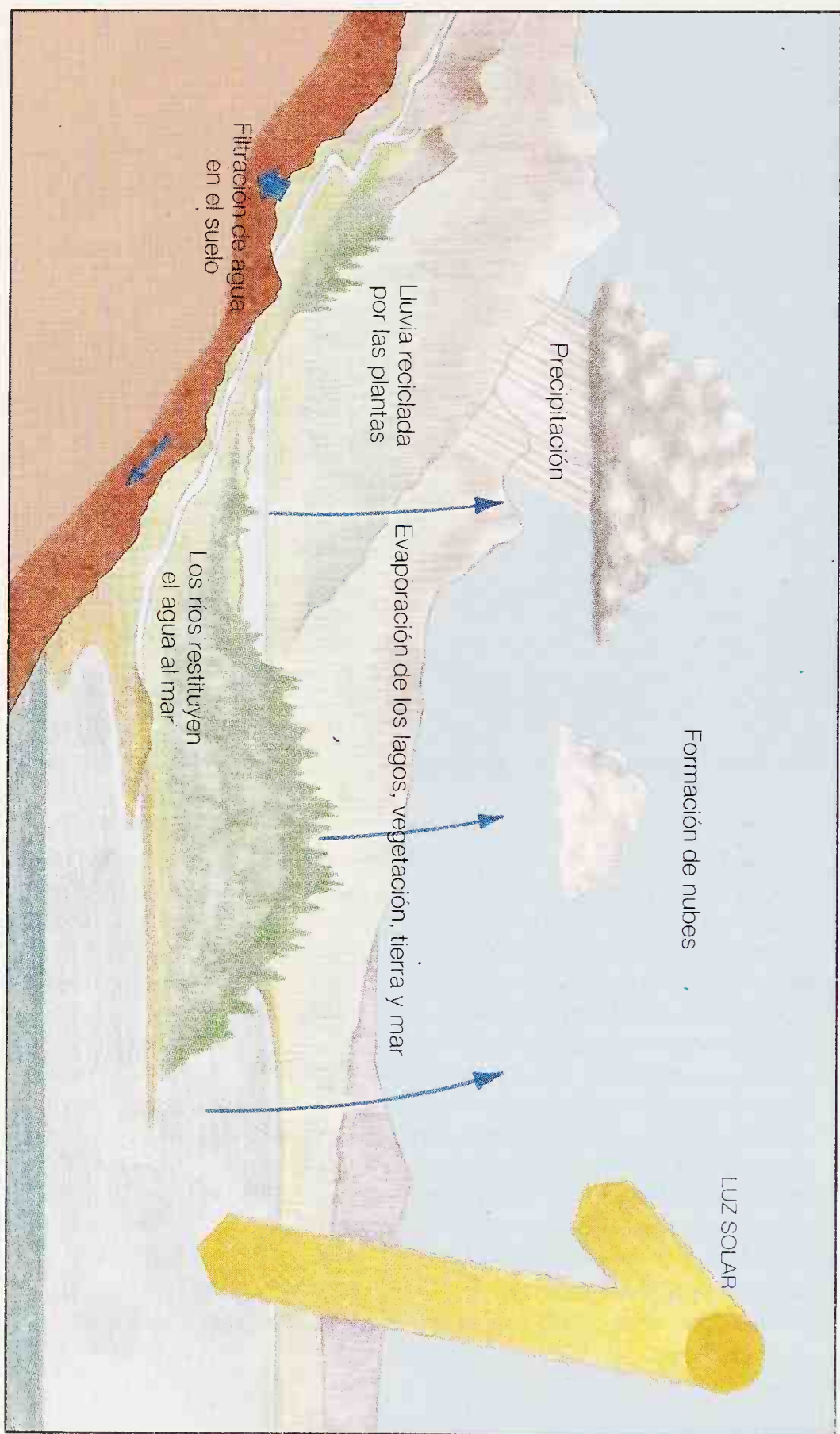


Para que se forme escarcha, es necesario que el aire y la tierra estén a menos de  $0^{\circ}\text{C}$ . Cuando el aire que se está enfriando en contacto con el suelo frío alcanza su punto de saturación a temperatura inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , el vapor de agua del aire se congela formando cristales de hielo parecidos a agujas que se depositan sobre el suelo. La escarcha es más corriente después de una noche fría, clara y en calma. La escarcha que se forma sobre la cara interior de los vidrios de las ventanas en tiempo muy frío es el resultado de la cristalización de gotas de agua sobreenfriadas. Los primeros cristales de hielo disparan una reacción en cadena que produce modelos en forma de pluma. Si la temperatura del aire es inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , pero el aire está muy seco, puede temerse una «helada negra», muy dañina para las plantas. Otra manifestación peligrosa de la escarcha es la helada blanca, una cubierta de hielo que se forma sobre las superficies cuando éstas están expuestas a una niebla sobreenfriada (niebla en la que las gotitas de agua están más frías de  $0^{\circ}\text{C}$  pero no están heladas). En contacto con una superficie, la niebla sobreenfriada se hiel y forma una costra de hielo encima. La helada sobre los aviones es debido a este fenómeno.





# El ciclo del agua



# El ciclo del agua

Aunque la lluvia y su equivalente invernal, la nieve, a menudo no son bienvenidas, son esenciales para la vida. Ellas devuelven la humedad al suelo y llenan los lagos y ríos de los que dependemos para satisfacer nuestras necesidades de agua. La precipitación, término meteorológico que se da al agua que cae en todas sus formas, es el paso final del ciclo que comienza cuando el agua se evapora de los océanos, de los lagos, del suelo y de la vegetación mediante la energía del Sol. Cuando el aire húmedo es obligado a elevarse y se enfría, se forman nubes. Pero no todas las nubes producen lluvia o nieve. Las nubes de lluvia se presentan a lo largo de la superficie de contacto entre frentes fríos y cálidos, en los ciclones, cuando una capa de aire más cálido se eleva por encima del aire frío, se enfría y se condensa a medida que asciende. Los chubascos y tormentas locales provienen de grandes cumulonimbos que se elevan por convección. También se forman nubes de lluvia cuando el aire húmedo es forzado a elevarse al encontrar un terreno elevado (nubes orográficas). Como se ilustra en la página opuesta, el aire cargado de humedad proveniente de los océanos llega a la costa. Si encuentra una barrera montañosa, se eleva y el vapor de agua que contiene se condensa en nubes. En las condiciones adecuadas, la nube se engruesa suficientemente para producir lluvia (o nieve, si la temperatura es fría). Debido a que la mayoría de la lluvia tiende a caer en las pendientes costeras y las cumbres, las vertientes hacia el interior de las cordilleras costeras son en general más secas. En las latitudes medias alejadas de los cinturones de selva húmeda ecuatorial, el interior continental es también más seco que las regiones costeras.

La estadística de lluvia caída recogida a lo largo de un año en una localidad da la pluviosidad de este lugar. Dos de los lugares más húmedos del mundo son el monte Waialeale de la isla hawaiana de Kauai, con más de 1.100 cm de lluvia anuales, y Cherrapungi, en las montañas de Assam, con más de 1.000 cm de lluvia al año, casi toda en la estación de los monzones a final de primavera y verano. En contraste, las partes más húmedas de Europa sólo promedian alrededor de 142 cm de lluvia al año.

El agua se almacena en depósitos naturales: rocas, suelo, lagos, ríos y océanos. La ausencia de lluvia o nieve, que debería caer normalmente, es una **sequía**, que puede producirse en cualquier tiempo del año y en cualquier clima. Por el contrario, más lluvia de aquella para la que está adaptado el terreno causa **inundaciones**.



# La lluvia

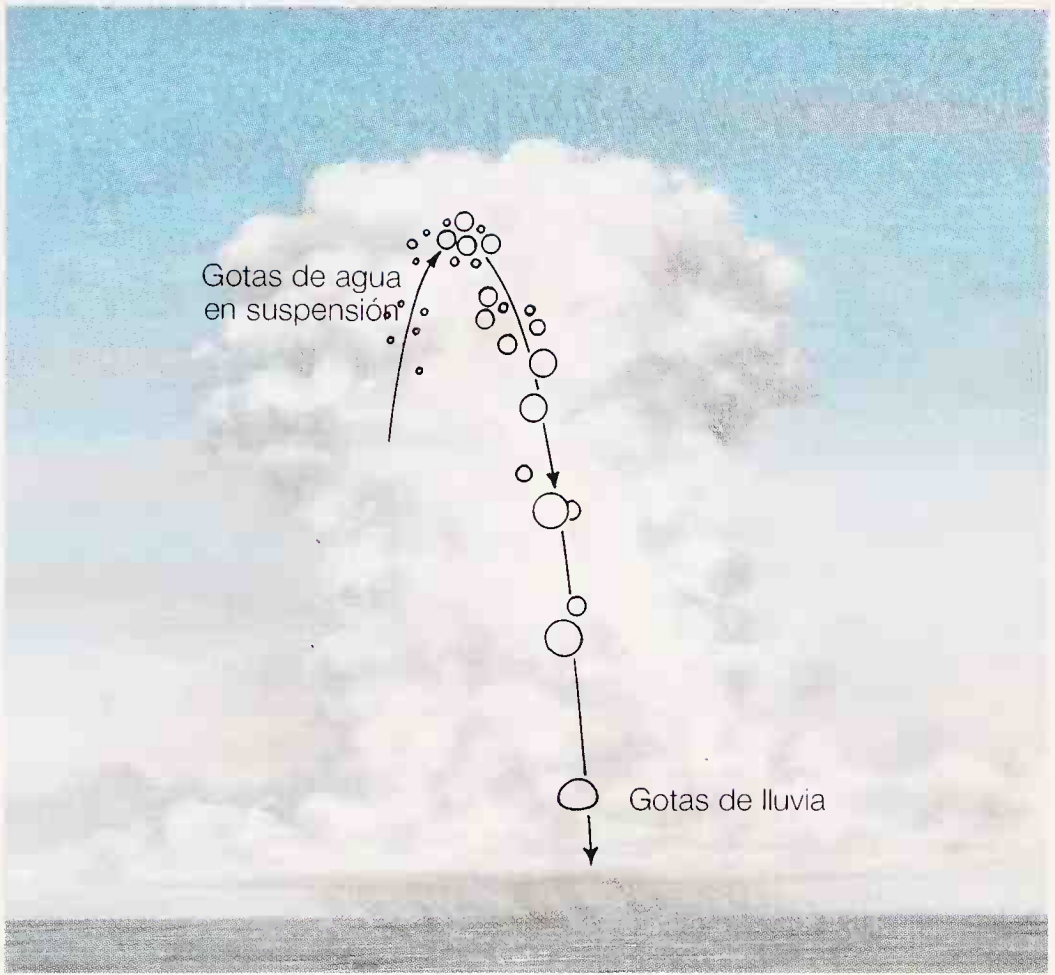
Formación



En la mayoría de las nubes, las gotitas de agua individuales no duran lo bastante para formar gotas suficientemente grandes y pesadas que alcancen el suelo antes de evaporarse. La lluvia que cae de los **nimboestratos** y **cumulonimbos** comienza en realidad su viaje como copos de nieve originados en la parte alta helada de la nube. Allí las gotas de la nube se congelan formando diminutos cristales de hielo. Éstos chocan con pequeñas gotas de agua sobreenfriadas, las hielan y conforman con éstas copos de nieve. Una vez que se han hecho suficientemente pesados, los copos de nieve comienzan a caer, fundiéndose a medida que pasan a través de las capas más calientes de la nube. Estas gotitas tienen el tamaño suficiente para proseguir cayendo, y en la caída capturan más gotitas pequeñas. Las gotas, que alcanzan un tamaño de 1 mm o más en el momento en que alcanzan la base de la nube, caen como lluvia. Debido a la resistencia del aire, las gotas que caen no tienen forma de lágrima como se representan en los dibujos, sino que parecen pequeños buñuelos. Las gotas de lluvia más grandes tienen alrededor de 3 mm de diámetro y caen a una velocidad de 8 m por segundo. A veces son aún más grandes, cuando son el resultado de granizo y copos de nieve que se han fundido justamente antes de alcanzar el suelo.



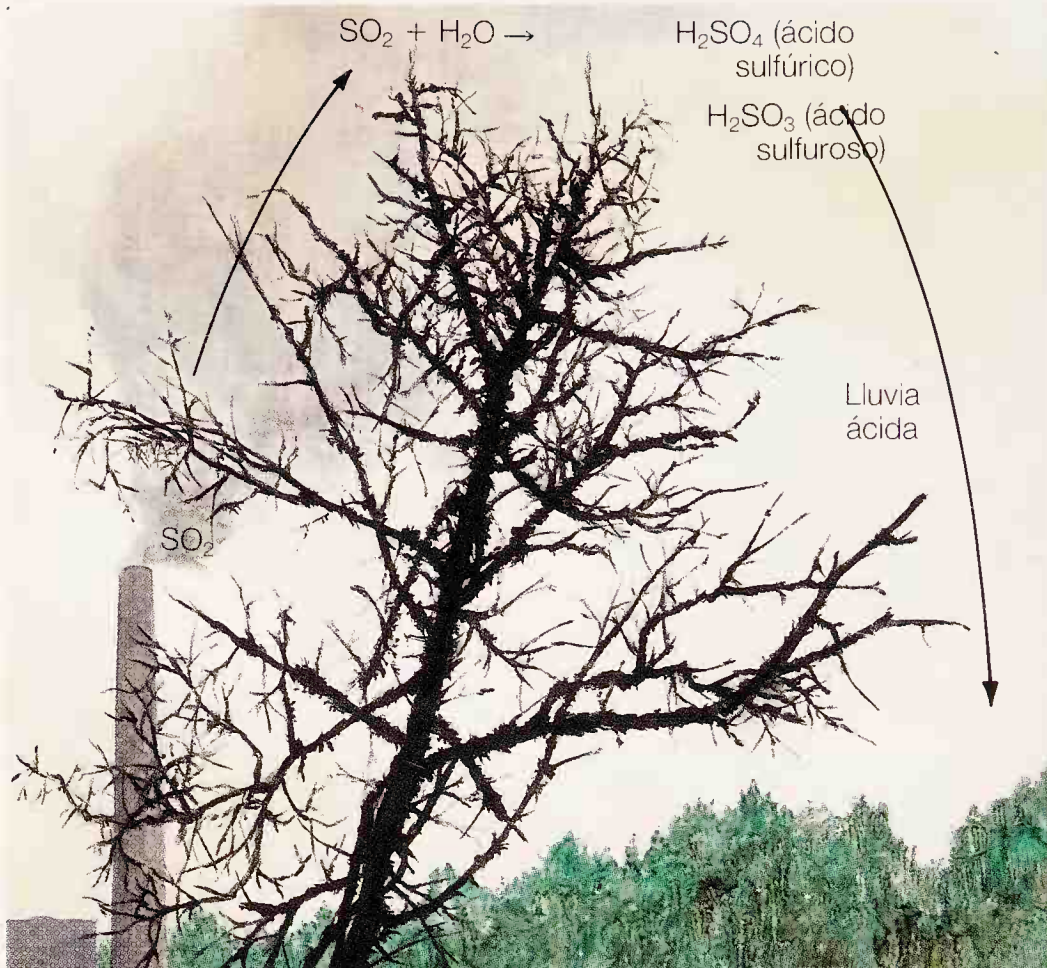
# Lluvia cálida



En los trópicos, la lluvia cae de nubes cuya parte alta permanece sin helarse. En estas grandes nubes tropicales, las corrientes ascendentes húmedas son lentas pero sostenidas; las gotitas de agua permanecen en la nube suficiente tiempo (30-40 minutos) para crecer y unirse a otras para formar gotas de lluvia. La lluvia producida de esta manera se llama a menudo «lluvia cálida» para diferenciarla de la lluvia originada a partir de cristales de hielo. Incluso fuera de los trópicos, la lluvia cálida cae a veces por la tarde de grandes **cúmulos**, cuando las corrientes cálidas ascendentes de su interior se vuelven más lentas por el enfriamiento de la atmósfera. Ésta es la explicación corriente de chaparrones del atardecer que aparecen, después de un buen día, de cúmulos que no son de lluvia. Los cúmulos formados sobre el mar pueden también dar lluvia cálida, pues las corrientes ascendentes son más débiles sobre el agua que sobre el suelo, de manera que las gotitas de agua no salen rápidamente fuera de la nube, donde se evaporan, sino que tienen tiempo de crecer.



# Lluvia ácida



El anhídrido sulfuroso desprendido al quemarse los combustibles fósiles (especialmente el petróleo y el carbón) se transforma en el aire y en las nubes en ácido sulfuroso y sulfúrico, dañinos para los animales y las plantas, que son transportados a largas distancias y finalmente arrastrados por la lluvia. La lluvia ácida acidifica gradualmente los cursos de agua y suelos en los que cae. Los efectos de la lluvia ácida en el entorno europeo se advirtieron primeramente en occidente y sur de Escandinavia, donde los lagos se han vuelto ácidos y sin vida. La lluvia ácida ha causado también grandes daños en los bosques de Europa central. El anhídrido sulfuroso contribuyó también en el pasado a la asfixiante «niebla de Londres» (véase **Smog**) que provocó miles de víctimas. El uso de combustibles sin humo ha hecho el aire de nuestras ciudades mucho más limpio, y hay controles estrictos sobre la cantidad de anhídrido sulfuroso que pueden emitir las centrales de energía y las fábricas. Aun así, el aire de las ciudades continúa acidificado por los óxidos de nitrógeno de los escapes de los automóviles, que son responsables del deterioro en los edificios de piedra caliza y mármol, tales como el Partenón de Atenas.



Las nubes bajas y delgadas que no pueden dar lluvia a veces producen una llovizna fina. Las gotas de la llovizna son pequeñas (100-400  $\mu\text{m}$  de diámetro), mucho más finas que las gotas de lluvia (de 1 mm o más de diámetro). La llovizna sólo cae de nubes muy bajas. Esto es así porque las gotitas de agua de 400  $\mu\text{m}$  de diámetro pueden caer sólo unos 100 metros en el aire limpio antes de evaporarse. En contraste, una gota de lluvia de 1 mm de diámetro puede caer un km antes de evaporarse. La llovizna suele caer a través de aire húmedo y frío que hace más lenta la evaporación. La lluvia y la llovizna no pueden caer de nubes delgadas compuestas solamente de gotas muy pequeñas, ni tampoco de nubes muy elevadas, porque las gotas o cristales sencillamente se evaporarían antes de alcanzar el suelo. A veces se ven como trazas o velos de cristales de hielo (virga) cayendo de las nubes altas y desapareciendo antes de alcanzar el suelo.





# Chubascos



La lluvia se considera ligera cuando cae a menos de 0,5 mm por hora, moderada entre 0,5 y 4 mm por hora y fuerte más de 4 mm por hora. Los chubascos son cortas descargas de lluvia, a menudo fuertes pero de corta duración. Corrientemente caen de grandes **cumulonimbos**, que se forman en los frentes fríos, lo cual explica que no sean persistentes. Los grandes cúmulos pueden contener una enorme cantidad de agua, que se vacía sobre el terreno repentinamente y con gran fuerza. Nubes tormentosas y aisladas pueden dar fuertes chaparrones de tal intensidad que causan inundaciones locales. Se han registrado algunas tormentas excepcionales: en Montana más de 30 cm de lluvia cayeron en 42 minutos; en Hampstead, en Londres, 17 cm de lluvia en dos horas y media causaron una avenida repentina. Los chubascos significan corrientemente que una nube está cerca del fin de su vida, porque las corrientes cálidas ascendentes que la alimentan son dominadas por violentas corrientes frías inversas provocadas por la lluvia. Chubascos ligeros pueden caer de cúmulos bastante pequeños, especialmente los que se desarrollan sobre el mar, donde las corrientes de convección son débiles (véase **Lluvia cálida**).



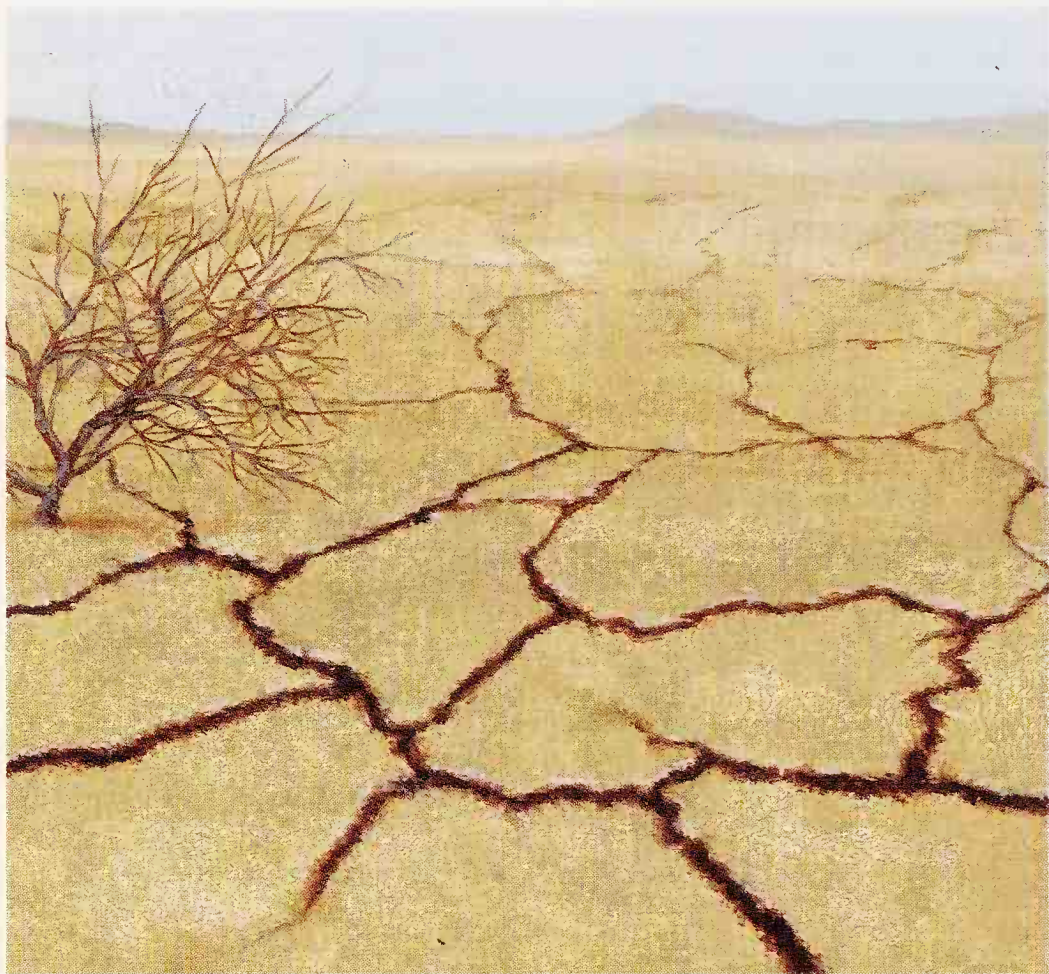


Las inundaciones se presentan por muchas causas. En las costas bajas, el mayor peligro se debe a las **olas de marea** que acompañan a los huracanes o depresiones y que se hacen mayores con los vientos fuertes o mareas altas. Tierra adentro, los cursos y depósitos de agua, naturales o artificiales, están adaptados para hacer frente a una caída normal de lluvia, y resultan sobrecargados si cae demasiada en un corto espacio de tiempo. Las inundaciones de Florencia en noviembre de 1966, en las cuales muchos tesoros de arte se perdieron o resultaron dañados, fueron causadas por el río Arno, que desbordó de sus orillas después de un día de lluvia continua. Inundaciones menos severas se presentan a menudo en ciudades y poblaciones cuando repentinas descargas de lluvia sobrecargan los drenajes, que quedan obstruidos por desechos. Los efectos de lluvias fuertes en las regiones montañosas a menudo empeoran por el deslizamiento de tierras y barro, especialmente si las zonas son naturalmente secas y sin árboles, o si la deforestación ha eliminado la cubierta de vegetación protectora que absorbería normalmente el agua. Las inundaciones pueden presentarse también si el suelo que normalmente absorbe grandes cantidades de agua está endurecido y calcinado por la sequía, o solidificado por helarse en invierno.





# La sequía



En términos meteorológicos, la sequía es la ausencia de la lluvia que caería normalmente, y así la definición de una sequía variará de un lugar a otro. En Europa corrientemente recibimos suficiente lluvia para nuestras necesidades, aunque no siempre cae exactamente cuando y donde se espera. Pero, de vez en cuando, temporadas secas de tiempo veraniego cálido se convierten en una verdadera sequía. Una «sequía absoluta» en Europa occidental (y otras regiones donde la lluvia se espera alrededor de todo el año) es un período de 15 o más días consecutivos sin lluvia (o con menos de 0.2 mm diarios). Las sequías veraniegas en Europa se presentan cuando un **anticiclón** permanece estacionario sobre la región durante un largo período, obstruyendo el camino de las depresiones del Atlántico, que traen normalmente la lluvia. Un anticiclón que obstruía el noroeste de Europa causó una sequía excepcional en 1976, mientras que el Mediterráneo tenía un verano inusualmente húmedo pues las depresiones fueron desviadas hacia el sur. En otras partes del mundo, como en África, las grandes sequías son un hecho regular y contribuyen al hambre continuado. Los países limítrofes del Sahara, donde la vida depende de una lluvia estacional de 250 a 500 mm, han tenido varios ciclos severos de años sin lluvia.





Las nubes de tormenta (**cumulonimbos**) a veces producen granizo y no lluvia, incluso en verano. Los granizos son bolitas de hielo duras que se forman cuando los cristales de hielo son agitados rápidamente hacia arriba y abajo por violentas corrientes de aire. Los cristales se unen por coalescencia con gotas de agua sobreenfriadas, que se congelan y forman capas de hielo alrededor de los núcleos originales. Estas capas son transparentes cuando se forman en la parte inferior de la nube, más caliente, donde el agua se hiela bastante lentamente; y son opacas cuando las gotas están cerca de las zonas superiores de la nube, más frías, donde las gotas se hielan instantáneamente. Los granizos suelen tener de 5 a 50 mm de diámetro, pero han caído piedras más grandes (hasta de 190 mm de diámetro). Las fuertes granizadas son más corrientes en las llanuras interiores continentales, donde son comunes nubes tormentosas grandes y activas. Algunas bolas de hielo no son totalmente sólidas, sino que están formadas por nieve fundida y cubierta por una delgada capa de hielo. En los núcleos de los granizos se han encontrado insectos e incluso ranas, que habían sido absorbidos en la nube por fuertes corrientes ascendentes.

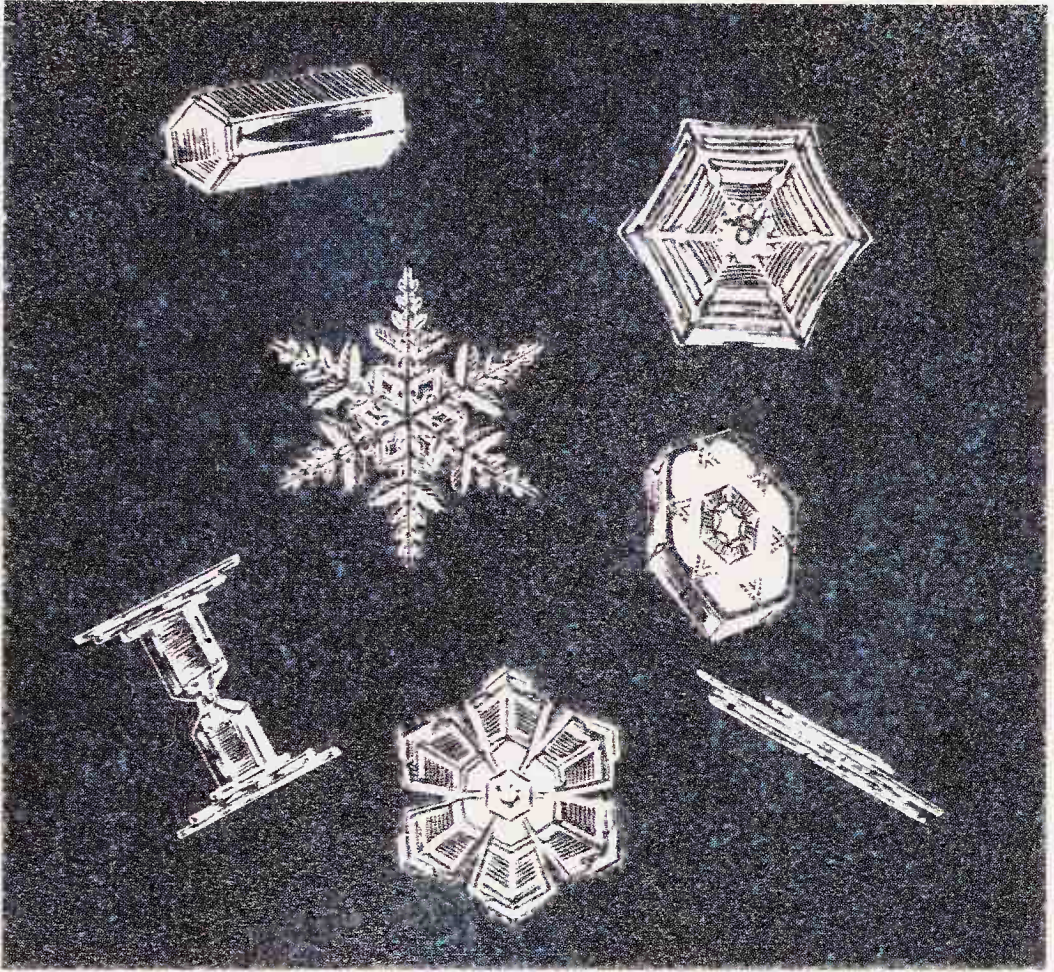


# Nieve



La nieve, que transforma incluso los paisajes más sombríos, se forma a gran altitud, en la cima de grandes nubes gruesas. En las temperaturas extremadamente bajas de allí (por debajo de  $-40^{\circ}\text{C}$ ), las gotas de agua se condensan en diminutos cristales de hielo y atraen a otras gotas que cristalizan a su vez para formar «copos de nieve» simétricos. Cuando éstos se hacen suficientemente pesados comienzan a caer. Si la temperatura es inferior a  $0^{\circ}$  en todo el camino desde lo alto de la nube hasta el suelo, los copos de nieve se hacen más grandes en su camino hacia abajo y llegan intactos al suelo. La nieve cae incluso en los trópicos, pero sólo en las montañas altas. Cuando las temperaturas son tan bajas que los cristales no se funden al caer ni se rehuelan cuando se tocan, de modo que no forman copos grandes, la nieve es fina y seca. Es muy ligera y extremadamente penetrante pero ideal para el esquí. La nieve húmeda, en contraste, está compuesta de cristales que se han fundido y rehelado entre sí para formar copos blandos. La nieve húmeda cae más corrientemente en regiones marítimas, y la nieve seca sobre interiores continentales. Se necesitan unos 900 mm de profundidad de nieve seca, y sólo 175 mm de nieve húmeda, para obtener el equivalente a 25 mm de lluvia.





Los cristales de hielo y copos de nieve se presentan en formas variadas —agujas, hexágonos, columnas, prismas y estrellas de seis puntas—, según la temperatura del aire a través del cual caen. Todos tienen, sin embargo, simetría hexagonal, que obedece a la estructura molecular del agua helada. Los copos de nieve están formados de muchos de estos cristales hexagonales microscópicos helados juntos. Los cristales en forma de estrellas (representación clásica de los copos de nieve) se conocen técnicamente como cristales dendríticos y se forman en aire bastante húmedo a temperaturas inferiores a los  $-15^{\circ}\text{C}$ . No hay dos cristales idénticos, y cada forma es el resultado del crecimiento del cristal a través de una secuencia complicada de evaporación, condensación, sublimación (conversión directa del vapor de agua en hielo) y precipitación alrededor de un diminuto núcleo de hielo hexagonal.





# Ventiscas



Una tormenta de nieve se transforma en una ventisca cuando la fuerza del viento es de temporal (50 km/h o más). La nieve se desplaza horizontalmente y se apila en enormes remolinos cuando tropieza con un obstáculo. Esto significa que la misma cantidad caída de nieve en condiciones de ventisca crea corrientemente muchos más problemas que cuando forma una cubierta uniforme. Las ventiscas pueden también ser causadas por vientos fuertes que barren la nieve ya caída, como en el Ártico y en el Antártico. En regiones más templadas, la fuente de aire que origina una ventisca es húmeda y bastante cálida, pues el aire muy frío no puede contener suficiente humedad para producir una nevada fuerte persistente. La combinación de frío y viento de una ventisca es muy peligrosa para los seres humanos, pues el factor de enfriamiento del viento hace que la temperatura del aire caiga. Adecuadamente vestida, una persona puede soportar sin problemas una temperatura de  $-28^{\circ}\text{C}$ , si el aire está en calma. Pero, si sopla un viento de 50 km/h, la temperatura cae de  $-28^{\circ}\text{C}$  a  $-60^{\circ}\text{C}$ . Hay entonces peligro de congelación y muerte por exposición, y la carne desnuda se congela rápidamente.



Cuando llega el tiempo suave a las montañas cubiertas de nieve, la fusión afloja la nieve en las laderas, masas de nieve se rompen y sueltan y se deslizan pendiente abajo en avalancha. Toda una capa de nieve puede desprenderse a lo largo de un valle, o un amontamiento de nieve puede desprenderse en todas direcciones a partir de un solo punto. A veces se desencadenan por una cornisa de nieve que se desprende. A menudo se producen sobre pendientes escarpadas en el transcurso de fuertes tormentas de nieve, cuando la pendiente no puede soportar el excesivo peso de la nieve. Una capa de nieve inestable puede ser arrastrada por el viento, el movimiento de esquiadores o incluso un ruido fuerte. Las avalanchas se desplazan velozmente, engullendo rápidamente todo lo que hay a su paso. La nieve puede moverse hasta a 80 km/h sobre el suelo, y a mayor velocidad aun cuando se desplaza en el aire. Las avalanchas son particularmente peligrosas en zonas montañosas muy pobladas, tales como los Alpes.

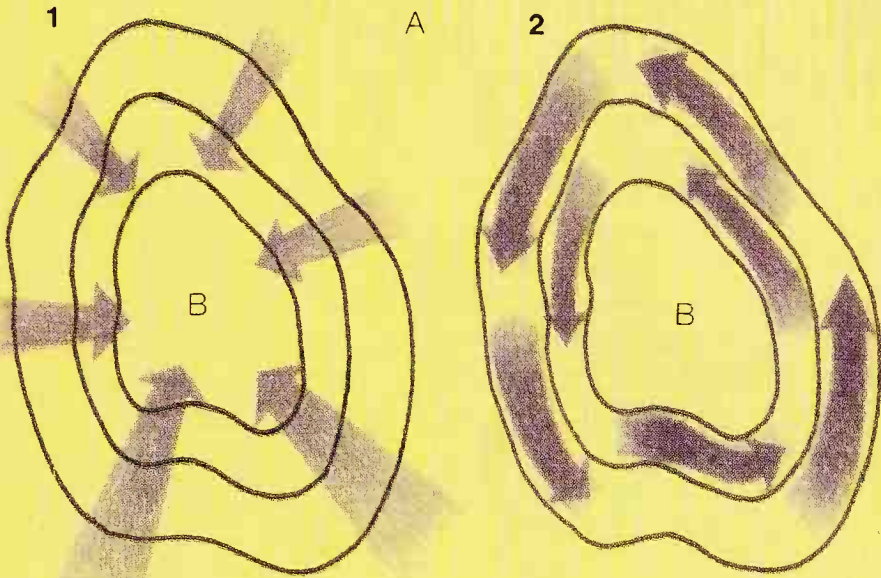
# Vientos

Los vientos son el movimiento horizontal del aire que fluye desde una zona de alta presión a una zona de presión más baja. A escala global, el aire en la atmósfera inferior está circulando sin cesar a medida que el calor se redistribuye del Ecuador a los polos (véase **Circulación general**). Cuando estos grandes movimientos de aire barren la superficie del globo, se convierten en los constantes **vientos globales** que soplan continuamente sobre los océanos. A un nivel más local, los vientos son generados de muchas formas diferentes. El aire rodea los ciclones (áreas de baja presión) y anticiclones (áreas de alta presión) (véase **Efecto Coriolis**), es forzado a subir sobre las montañas y es canalizado en los valles (véase **Vientos locales**). Las **brisas** son generadas a menudo por el calentamiento y enfriamiento local del aire, cuando la Tierra se calienta durante el día y se enfría por la noche. En la mayoría de los lugares, los días absolutamente sin viento son raros y, cuando se presentan, están corrientemente asociados con la presencia de una gran zona de alta presión estacionaria. Por el contrario, los **temporales** y **tormentas** de otoño e invierno que azotan las costas occidentales de Europa acompañan a depresiones profundas (ciclones) que viajan a través del Atlántico. Los vientos más fuertes son producidos en los **huracanes** y **tornados** (estimados en hasta 650 km por hora) y en ráfagas de alta montaña (hasta 350 km por hora). El lugar más ventoso del mundo es el país de Adelie, en la costa oriental de la Antártida; fuertes vientos que bajan del manto del hielo hacia el mar soplan continuamente, y alcanzan fuerza de huracán (más de 120 km por hora) un día de cada tres.

La velocidad del viento se describe de diferentes maneras en distintos países: metros por segundo, kilómetros por hora, millas por hora o nudos (millas náuticas\* por hora) o por un número de fuerza en la escala de Beaufort (véanse págs. 124/125). La velocidad del viento depende de lo empinado del gradiente de presión que lo crea. Cuanto más empinado sea el gradiente, mayor la velocidad del viento. En los **mapas meteorológicos**, las isobaras muy próximas indican un gradiente de presión fuerte y un viento violento. Debido al efecto Coriolis, los vientos soplan paralelamente a las isobaras y no perpendicularmente a éstas, como puede esperarse, entre zonas de bajas presiones y de altas presiones.

\* una milla náutica = 1.852 metros.





El aire fluye naturalmente desde una zona de alta presión a una zona de baja presión. Observando al sistema de baja presión que se muestra aquí, podemos esperar que el viento franquee las isobaras para penetrar en las depresiones (1), pero en vez de esto el viento sopla rodeando el centro de la depresión paralelamente a las isobaras (2). Esto sucede debido a que la rotación de la Tierra hacia el este desvía todo el movimiento horizontal de aire hacia la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur (el efecto Coriolis). Los vientos, por lo tanto, soplan en sentido contrario de las agujas del reloj alrededor de los **ciclones** (zonas de baja presión) y en sentido de las agujas del reloj alrededor de los **anticiclones** (zonas de alta presión) en el hemisferio norte, y a la inversa en el hemisferio sur. Esto nos da la regla de Buys Ballot: si uno se coloca de espaldas al viento, la zona de baja presión estará siempre a su izquierda (en el hemisferio norte). Un cambio en la dirección del viento a menudo significa un cambio de tiempo. Si gira en dirección contraria a las agujas del reloj, es signo de zonas de baja presión y tormentas. Si gira en dirección de las agujas del reloj, es signo de alta presión y buen tiempo.



# Vientos globales

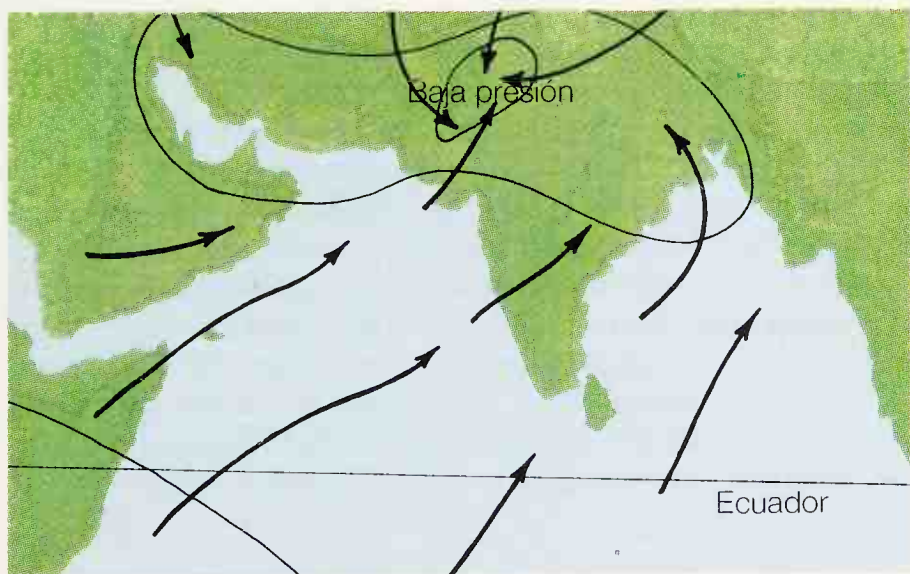




# Vientos globales

El patrón de los vientos de superficie es un reflejo de la circulación general de la atmósfera y de la distribución de zonas persistentes de alta y baja presión. El mapa muestra los principales vientos que soplan en invierno. En el Ecuador existe una zona de calmas ecuatoriales, donde los vientos soplan rara vez. Entre los  $30^{\circ}$  N y S sobre el Atlántico y el Pacífico, están los cinturones de vientos alisios, que soplan permanentemente desde el noreste en el hemisferio norte y del sudeste en el hemisferio sur, durante la mayor parte del año. Alrededor de  $30^{\circ}$  N hay un cinturón subtropical de alta presión con poco viento en la superficie. En el norte, los vientos de poniente polares soplan fuertemente a través del Atlántico y el Pacífico en invierno y desplazan el tiempo atmosférico del Atlántico a la Europa occidental y del Pacífico sobre la costa oeste de Norteamérica. Un fuerte viento de poniente sopla alrededor del océano Austral durante todo el año.

En algunos lugares del mundo, los cambios en la situación de los centros de alta y baja presión entre invierno y verano se traducen en un cambio estacional de los vientos predominantes. El caso más famoso de esto son los vientos monzónicos del subcontinente indio. En el mapa general de la página opuesta puede verse la situación en invierno. Los vientos secos soplan desde el norte de Asia cubierta de nieve. En verano, como se muestra en el mapa de debajo, la zona de alta presión desaparece y los vientos cargados de humedad, los monzones, soplan hacia adentro desde el sur llevando consigo la lluvia largo tiempo esperada.







Las brisas son vientos de hasta 50 km/h (fuerza de 1-6 en la escala de Beaufort [véanse págs. 124/125]). Las brisas más fuertes (fuerza 6) hacen oscilar las ramas gruesas y en el mar levantan olas bastante grandes con largas crestas blancas. La ilustración muestra una brisa de fuerza 5 (30-39 km/h). A menudo sopla una brisa suave del mar a la orilla, especialmente en las costas tropicales en un día soleado. Esta brisa marina alcanza velocidades de hasta 17 km/h (alrededor de fuerza 3) y se debe al hecho de que la tierra se calienta y se enfría más rápidamente que el mar. En un día soleado, el aire de encima de la tierra se calienta rápidamente. El aire caliente se eleva y el más frío procedente de encima del mar se desplaza para ocupar su lugar. Las brisas marinas fuera de los trópicos son más fuertes cuando la diferencia de temperatura entre la tierra y el mar es mayor, en primavera y principios de verano, cuando la tierra se está calentando pero el mar está aún frío. El calentamiento y enfriamiento diario causan también los cambios de dirección del viento típicos en la mañana y en la tarde en los valles y montañas. Las laderas de los valles se calientan durante el día, lo que engendra un viento caliente que asciende por la pendiente. Por la noche, el aire frío fluye hacia abajo por las laderas del valle.



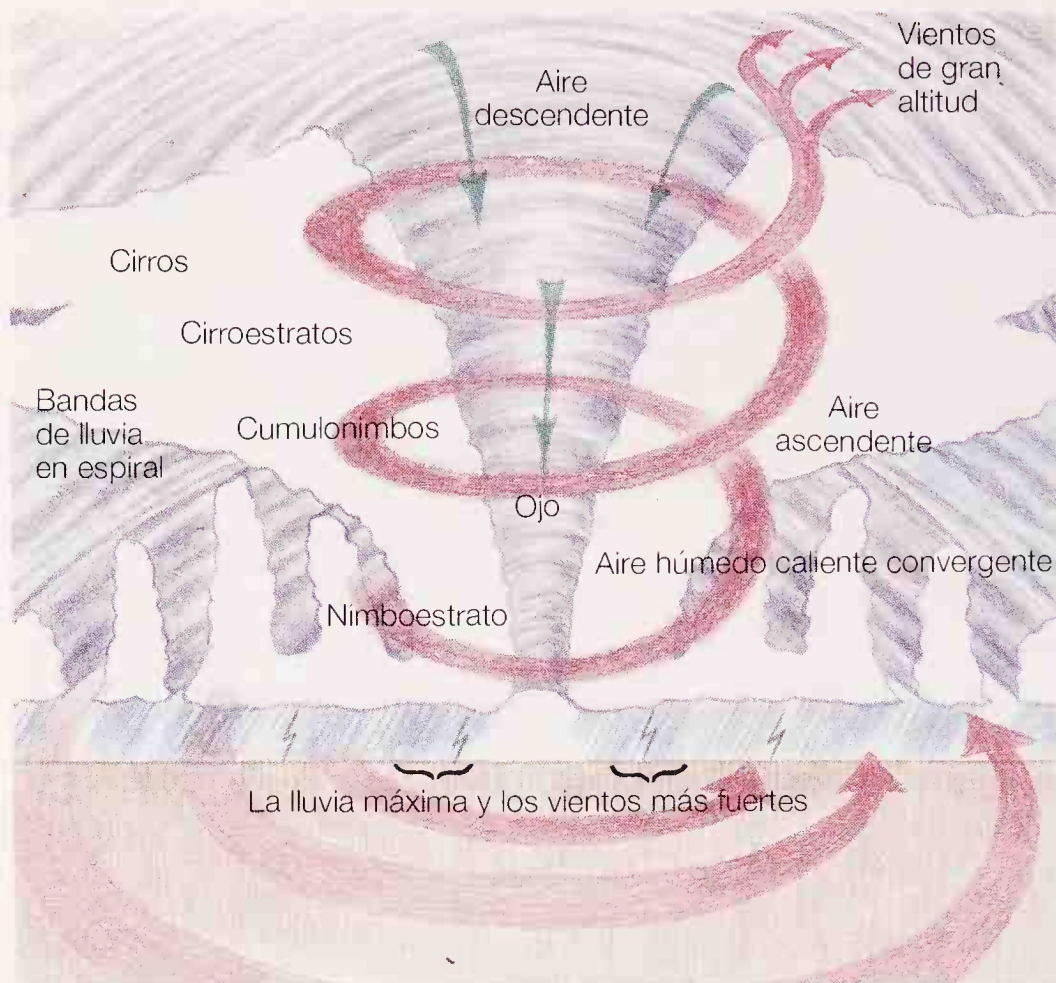


Los vientos entre 51 y 87 km/h son temporales (fuerza 7-9 en la escala Beaufort) y los vientos por encima de 88 km/h son vientos con fuerza de tempestad (fuerza 10-11). La figura ilustra un temporal de fuerza 8 (62-74 km/h) que dobla árboles enteros y desgarrar ramas y hojas. Los vientos por encima de 119 km/h se convierten oficialmente en fuerza de huracán (fuerza 12). Los huracanes se generan solamente sobre las aguas tropicales; los vientos de fuerza huracanada que azotaron el sur de Inglaterra y norte de Francia en noviembre de 1989, causando daños inmensos, fueron parte de una depresión profunda (véase **Ciclones**) que se desplazó hacia el Canal desde el Atlántico. Fuera de los trópicos, los vientos de temporal y tempestad están casi siempre asociados a depresiones y son conocidos a menudo como «tormentas frontales», pues las depresiones se generan a lo largo de frentes entre masas de aire calientes y frías. Los temporales y tempestades ocurren regularmente en el mar, pero se experimentan rara vez en tierra.



# Huracanes

Corte transversal



Los huracanes son sistemas giratorios de muy baja presión, que se forman solamente sobre los mares tropicales y en los cuales la velocidad del viento a menudo excede los 160 km/h. Una tormenta tropical se considera huracán cuando los vientos sostenidos exceden los 119 km/h. La velocidad del viento aumenta hacia el centro, el «ojo» del huracán, que es una zona relativamente en calma de alrededor de 11 km de diámetro. La presión en el centro suele ser de unos 950 mb, pero puede descender hasta 870 mb. El sistema total mide de 80 a 800 km de diámetro. Los huracanes se forman sólo sobre las aguas tropicales. Llamados oficialmente «tormentas giratorias tropicales», se conocen como «huracanes» en el Caribe, «tifones» en el mar de China, «ciclones tropicales» en el Océano Índico y «Willy-Willies» en Australia. La fuerza centrífuga propulsa el aire hacia el exterior del huracán y forma una espiral ascendente alrededor del ojo. Un muro de **cumulonimbos** en torre, de hasta 11 km de altura, rodea el ojo y produce lluvias torrenciales de más de 25 mm/h. Cuando un huracán pasa por encima de un observador, éste experimenta una furiosa tormenta que sopla desde una dirección, seguida por un período de calma, después del cual la tormenta vuelve soplando en la dirección opuesta.





Un tornado es un intenso viento arremolinado, que se manifiesta por un embudo que se origina en la base de una gran nube de tormenta o huracán, y suele ir acompañado por lluvia o granizo y relámpagos. Cuando la punta toca el suelo, destruye todo en un radio de un metro a 1 km. La velocidad del viento dentro de un tornado es difícil de medir pero puede alcanzar alrededor de 660 km/h, la velocidad de viento más grande encontrada sobre la Tierra. La punta del tornado puede levantarse del suelo y bajar otra vez, varias veces durante su camino. Los tornados giran corrientemente en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur, y en sentido contrario en el norte. Pueden desplazarse a cierta velocidad y continuar durante cientos de kilómetros. La boca del embudo tiene entre 15 y 30 metros de ancho. Son frecuentes los tornados devastadores en las llanuras centrales de los EE.UU., desde Texas a Kansas, a finales de primavera. Los tornados causan daño, no sólo por el impacto directo del viento, intensificado por su movimiento en remolino, sino también por la intensa baja presión en su centro. Cuando pasan sobre edificios, los hacen explotar porque el aire interior, a presión normal, es aspirado hacia afuera.



# Trombas marinas



Los vientos arremolinados de tipo **tornado** que se presentan sobre el mar crean las trombas marinas. La baja presión en el interior del embudo giratorio aspira el agua de la superficie y la hace subir hasta la nube del embudo. Las trombas marinas no duran mucho (hasta 20 minutos) y no son tan violentas como los tornados. Son corrientes en la costa de Florida y suelen tener un diámetro de 12 a 24 metros. Embudos de aire giratorios más pequeños y mucho menos intensos, invisibles hasta que levantan desechos de la superficie, se forman a menudo sobre la superficie del suelo cuando éste se calienta muy rápidamente. Por lo general duran sólo unos pocos minutos y, a diferencia del tornado, no se forman por una nube de tormenta, sino por corrientes de aire ascendentes producidas por el calentamiento del suelo. Los pequeños vórtices que se producen sobre el agua se llaman «diablos de agua» y los que se producen sobre la tierra, «diablos de tierra». Los «diablos de polvo» y «columnas de arena» se producen sobre suelo seco y polvoriento o sobre el desierto, respectivamente.

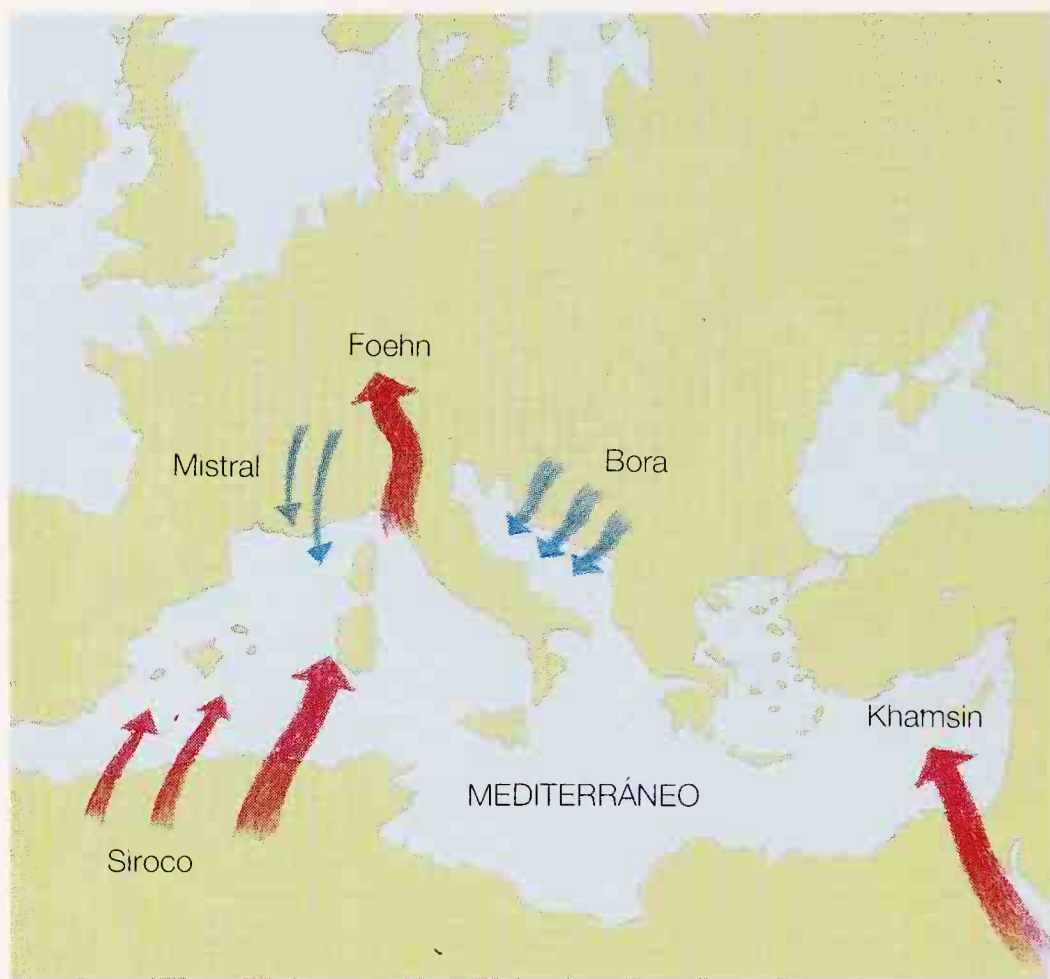




Las olas de marea son olas especialmente grandes y se las denomina así aunque no tienen nada que ver en principio con las mareas. Son el resultado del paso de una depresión profunda que avanza rápidamente, y a menudo acompañan a los huracanes. El cambio rápido de presión crea una ola hincharse que crece a medida que avanza por el mar y se dirige a la costa. Las olas de marea causan inundaciones en las costas bajas. En Europa, las tierras bajas de los Países Bajos y las costas orientales de las Islas Británicas están particularmente expuestas, sobre todo cuando una ola de marea coincide con la marea alta. En 1953, una ola de marea elevó el nivel del mar en más de 3 metros sobre la marea alta, rompió diques y muros en Holanda e Inglaterra. Las olas de marea producidas por los ciclones tropicales devastan periódicamente las costas bajas de las regiones de Bangladesh. Olas muy grandes pueden también levantarse por una combinación de viento y marea, en especial cuando el viento sopla ininterrumpidamente a través de los amplios espacios del océano. Las olas de marea debidas al viento, marea y cambios de presión, no deben confundirse con los «tsunamis», las olas de hasta 67 metros de alto que avanzan rápidamente, como consecuencia de un terremoto submarino.

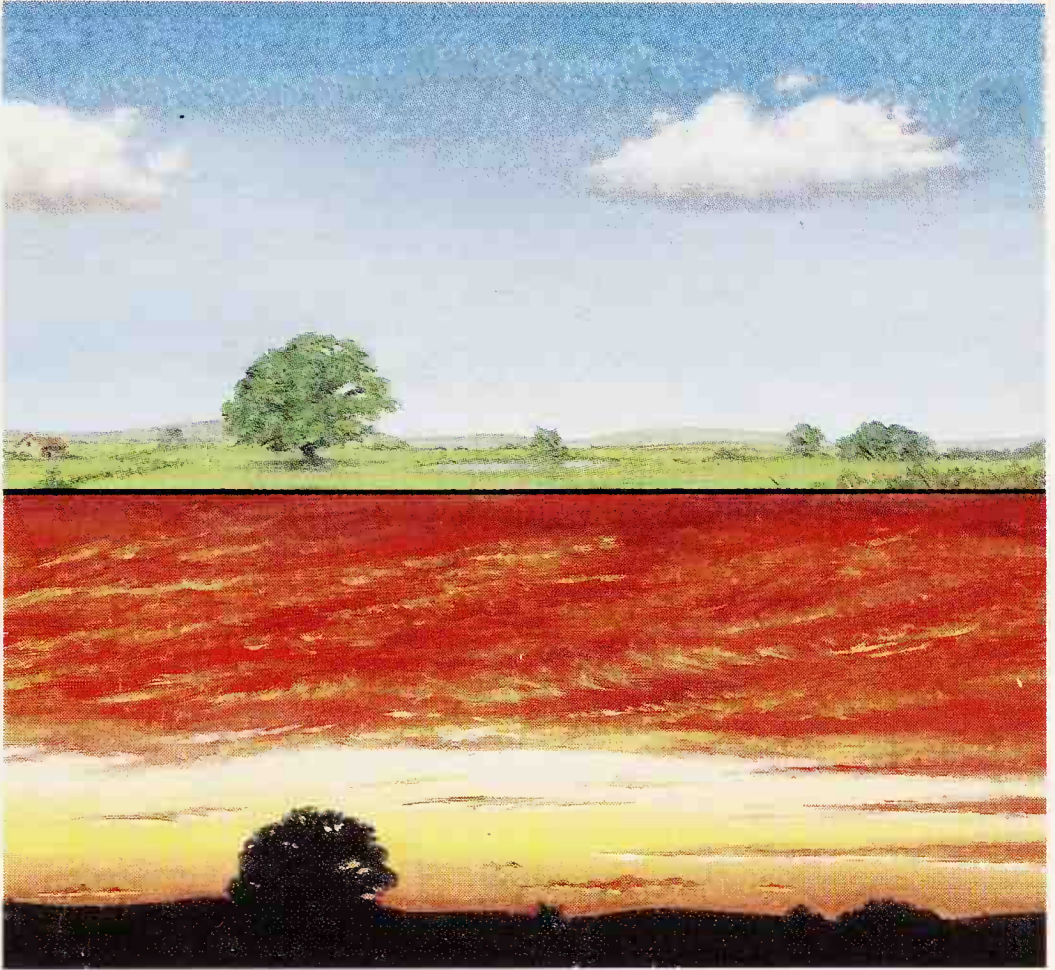


# Vientos locales



La configuración del suelo y las variaciones de temperatura y presión producen vientos locales y estacionarios en muchas partes del mundo. En Europa, el mistral frío y seco sopla hacia la costa del Mediterráneo especialmente en Provenza. Es causado por el aire frío del norte de los Alpes canalizado a través del valle del Ródano hacia la zona de baja presión del golfo de Génova. Otro viento del Mediterráneo es el siroco. Éste es un viento cálido del sur que sopla desde el Sahara al Mediterráneo; toma humedad cuando cruza el Mediterráneo y, húmedo y debilitado, alcanza Europa. El viento Foehn de los Alpes, de mala fama, es causado por el aire que se calienta y se seca por compresión a medida que fluye pendiente abajo, y puede elevar la temperatura en el valle de 10 a 15 °C en una hora. Este aire esencialmente seco puede durar varios días y aumenta el riesgo de incendios pues seca la madera de los edificios y vegetación. El Chinook norteamericano, que sopla pendiente abajo del noroeste de las Rocosas, es un viento similar. Su nombre significa «comedor de nieve», pues puede limpiar las pendientes de nieve en un día.



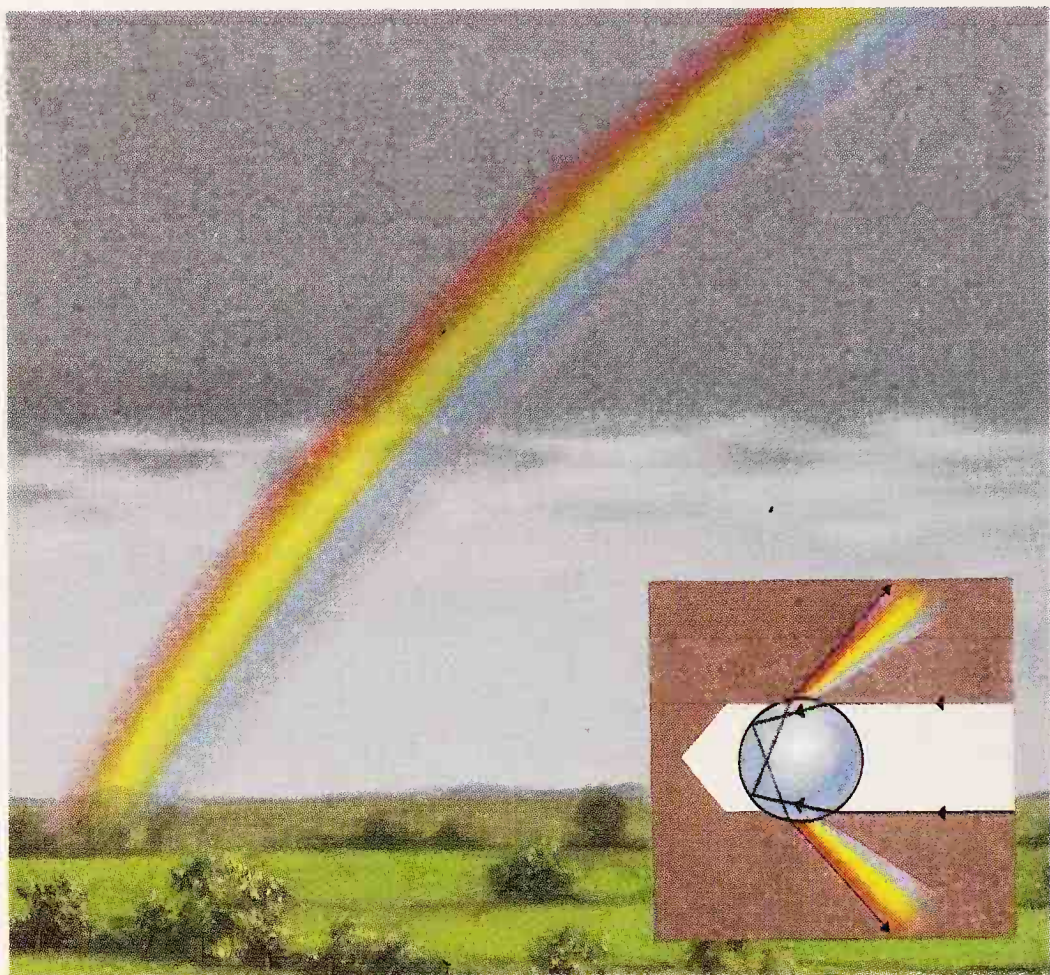


El cielo aparece azul porque la luz del Sol es desviada por las moléculas de aire y partículas diminutas de la atmósfera. Las ondas más cortas de la luz, el extremo azul del espectro, son las que más se difractan. Vemos, por lo tanto, el cielo azul, pues recibimos los rayos azules difractados de todas las partes del cielo. Cuanto más corto es el camino que la luz solar ha de recorrer a través de la baja atmósfera y cuanto más limpia ésta, más azul el cielo, pues solamente los rayos azules son difractados. La luz directa del Sol es amarilla pues las longitudes de onda más larga (rojas) de los rayos nos alcanzan directamente con pequeña desviación. Pero, cuando el Sol está bajo en el cielo, como al ponerse, sus rayos nos alcanzan a través de un gran espesor de la atmósfera, de modo que todas las longitudes de onda más cortas se han desviado de los rayos directos y por eso el disco del Sol aparece mucho más rojizo y menos brillante. La desviación de las longitudes de onda más largas también colorean el cielo de rojo y dorado. Los cielos contaminados a menudo aparecen rojizos y calinosos; pues el número y tamaño crecientes de las partículas en el aire desvían las longitudes de onda más largas.





# Arco iris



Cuando el Sol sale después de un chubasco puede verse un arco iris, porque la luz del Sol, refractada y reflejada en millones de gotas de lluvia, se descompone en los colores del espectro. La luz se desvía ligeramente cuando entra en una gota de lluvia (refracción) y es luego reflejada hacia el espectador por la superficie trasera de la gotita. Así, sólo puede verse el arco iris cuando uno está situado entre el sol y la cortina de gotas de lluvia. La luz de diferentes longitudes de onda se desvía con diferentes ángulos y por esto los colores se separan claramente. Aunque cada gotita refracta la totalidad de los colores del espectro, el espectador ve los rayos violetas procedentes de una serie de gotitas, los amarillos procedentes de otra serie y así siguiendo, según los distintos ángulos de refracción. El arco iris es parte de un círculo ideal con la sombra de la cabeza del espectador como centro. Cada persona ve de un modo diferente el mismo arco iris y no puede nunca alcanzar su extremo pues el arco iris se mueve con él cuando mira a las gotas de lluvia desde un ángulo diferente. A veces, la luz es reflejada en dos direcciones diferentes, y puede verse un arco iris secundario más apagado en la parte exterior del primero, con el orden de los colores invertido.





Los montañeros pueden a veces ver su propia sombra ampliada, o la de otros objetos, proyectada sobre un banco de nubes o de niebla situado más abajo, cuando el Sol está detrás de ellos y cerca del horizonte. La sombra es agrandada al atravesar una capa de gotitas de agua. Aunque este extraño fenómeno puede verse en cualesquiera condiciones favorables, se lo llama corrientemente «espectro del Brocken» por el nombre de la montaña alemana del Harz donde es un fenómeno familiar. La silueta de la sombra está rodeada por un halo de luz multicolor causado por la difracción y reflexión de la luz por las finísimas gotitas de agua de la nube o llovizna. El espectador sólo puede ver esta aureola alrededor de su propia sombra, aunque puede ver las sombras de sus compañeros. Este tipo de halo se ve a menudo también alrededor de la sombra de un avión proyectada sobre la capa de nubes que sobrevuela.



# El pilar solar



Los cristales de hielo presentes en la atmósfera pueden producir una serie de fenómenos ópticos alrededor del Sol, como resultado de la refracción y reflexión de la luz solar por los cristales. Los pilares solares son haces verticales de luz que se proyectan desde la cima y la base del Sol cuando éste está bajo en el cielo, y son causados por la reflexión de la luz solar en grandes cristales de hielo. La refracción de la luz a través de cristales de hielo más pequeños en forma de prismas crea una variedad de efectos. Los más corrientes son los halos solares y lunares, halos de luz que rodean el Sol o la Luna cuando están velados por una nube delgada de cristales de hielo (véase **cirroestratos**). El halo es corrientemente blanco, pero puede estar coloreado de azul en la parte de afuera del círculo y de rojo dentro. Si los cristales de hielo se orientan paralelamente unos a otros cuando caen, los rayos refractados se combinan para producir manchas de luz intensa, parhelios o falsos soles, que se ven al lado del Sol o justamente por fuera del lado del halo. El aire helado del Ártico y el Antártico produce magníficas visiones combinando halos, falsos soles y pilares.

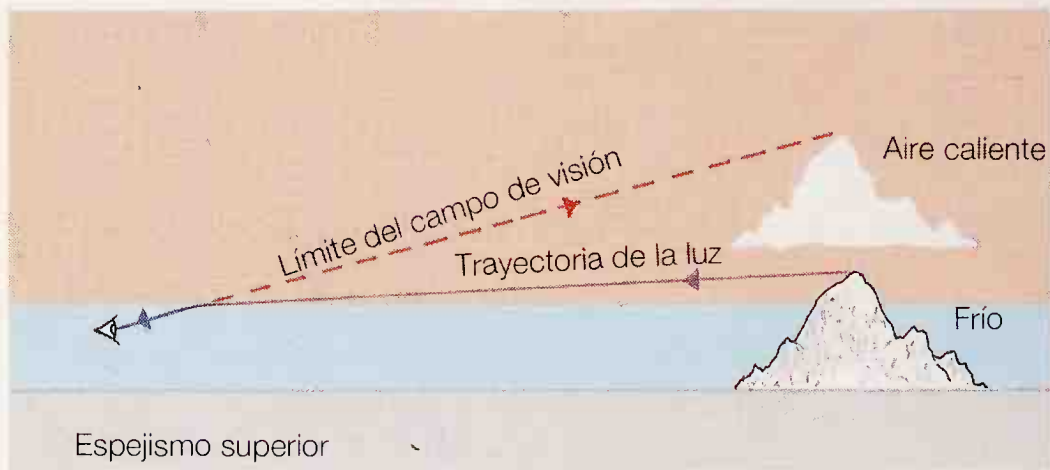




Se llama corona a una aureola de luz difusa delicadamente coloreada alrededor del Sol o de la Luna. En contraste con los halos, éstas se presentan cuando el Sol o la Luna se ven a través de un delgado velo de gotitas de agua de una nube o niebla. Las gotitas difractan la luz del Sol dividiendo los rayos de luz a su alrededor, con lo que producen complicados modelos de interferencia que crean el efecto iridiscente.



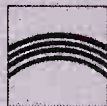
# Espejismos



Los espejismos consisten en la engañosa aparición en la distancia de objetos que no están realmente allí. Se producen cuando la luz que viene de un objeto distante se refracta o refleja al pasar de una capa de aire frío (denso) a otra caliente (ligera), por lo que entra en el ojo en un ángulo no habitual. El ojo es engañado al pensar que la luz está realmente viniendo desde el punto al que está mirando y así «ve» la imagen allí. Los espejismos inferiores se presentan cuando existe una delgada capa de aire muy caliente en la superficie del suelo. La luz reflejada por las nubes del cielo se refleja más allá del límite entre el aire caliente y el aire frío de encima (fig. superior), y entra en el ojo en un ángulo que hace ver la imagen a lo lejos a nivel del suelo. La imagen rielante que se ve a menudo en el desierto o sobre la superficie de una carretera caliente parece un charco de agua a distancia. Los espejismos superiores se forman en condiciones de frío. La luz procedente de un objeto distante se refracta hacia abajo en la superficie del aire frío denso cercano al suelo (ilustración inferior), y así el ojo percibe el objeto muy alto en el cielo. De este modo, pueden hacerse visibles objetos situados más abajo del horizonte, lo cual explica las puestas de sol repetidas que se ven en el Ártico y Antártico.



# Auroras polares



Las auroras boreales se ven a menudo en el hemisferio norte en latitudes superiores a  $70^\circ$ . La luz es producida por descargas solares de partículas atómicas que son captadas por el campo magnético de la Tierra e interactúan con los espacios superiores de la atmósfera para producir radiación. Ésta puede tomar la forma de un velo luminoso difuso, de rayos de luz aislados o de cortinas y cintas de luz ondulantes, blancos o multicolores. Un espectáculo similar, la aurora austral, es visible en las regiones polares del sur.

# Tormentas eléctricas

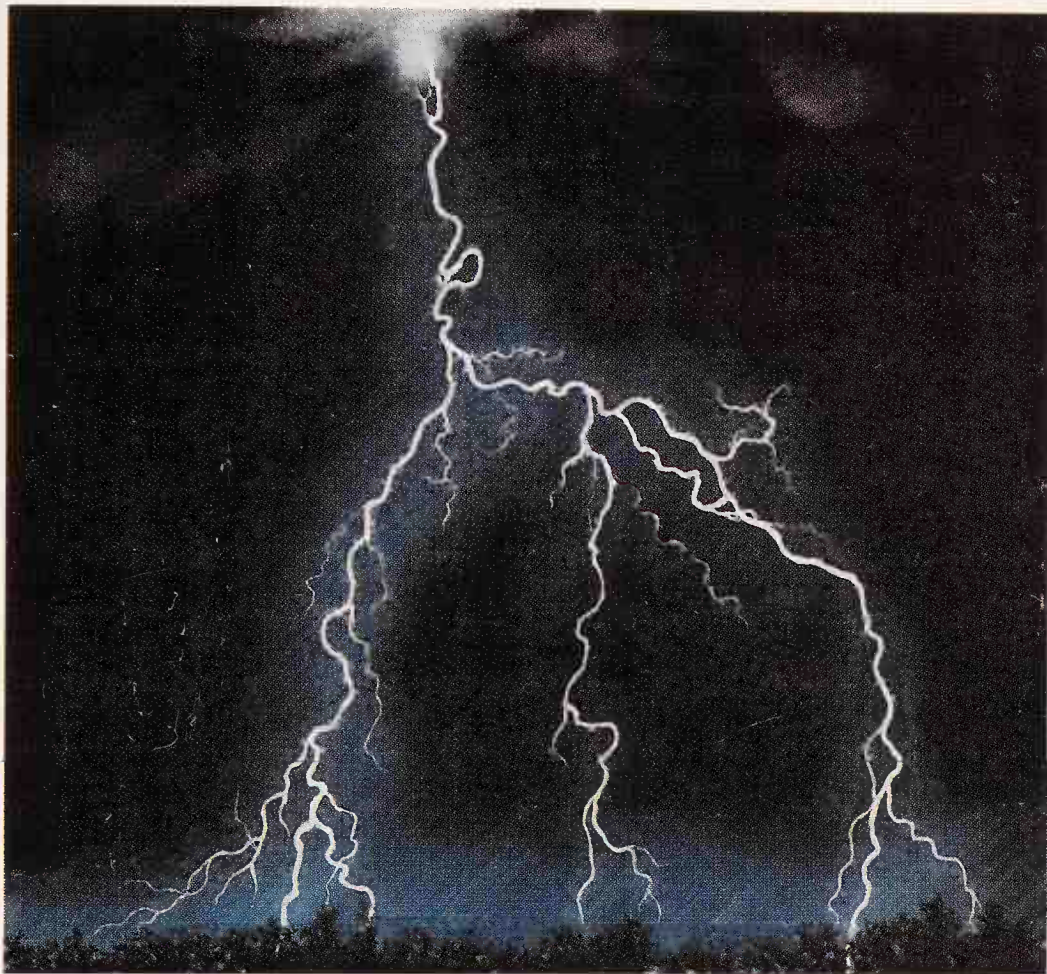
Una tormenta fuerte es uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza. Las tormentas eléctricas son causadas por **cumulonimbos** gigantes de unos 5 km de anchura y 5 a 10 km de alto, que a veces se disipan al cabo de una hora. Las tormentas pasajeras son causadas por cumulonimbos de base baja que acompañan a menudo a los **frentes fríos** y pueden presentarse en cualquier momento del año. Las tormentas de gran duración se presentan corrientemente a final de verano, cuando el aire caliente se eleva y entra en una capa inestable, donde forma nubes de tormenta con base alta. Estas condiciones favorecen el crecimiento continuo de nuevas nubes tormentosas a medida que las anteriores se dispersan.

La reunión de nubes de tormenta multiplica el poder de sus corrientes ascendentes, y cuando la tormenta se acerca puede sentirse un viento suave soplando hacia la nube o se presenta un corto período de calma. Cuando la nube de tormenta crece hasta su altura total, se genera una furiosa corriente hacia abajo que descarga lluvia fuerte o granizo, procedente de la helada cima aplana de la nube (el yunque). La lluvia rara vez dura mucho, pero puede ser fuerte y puede causar inundaciones. Finalmente, la corriente descendente de aire frío y húmedo ahoga el suministro de aire caliente que alimenta el crecimiento de la nube.

El **rayo** es producido por la separación de sus cargas eléctricas en el interior de la nube. La descarga del rayo calienta el aire a su paso; el aire se expande violentamente, con lo que genera una onda de choque que oímos como trueno. La distancia a que se halla una tormenta eléctrica puede calcularse burdamente contando el tiempo en segundos que separa la luz del relámpago y el ruido del trueno. La luz del relámpago alcanza al observador inmediatamente, mientras que el sonido sólo viaja a  $1/3$  de km por segundo. Si la tormenta está a 1 km de distancia, el trueno se oirá 3 segundos después de ver el relámpago. El retumbar del trueno que a menudo sigue a la primera detonación es producido por los ecos en las nubes.

El rayo busca el camino más corto al suelo, de forma que los árboles aislados o una persona en el campo abierto tienen mayor riesgo de ser alcanzados. Los edificios altos como torres de iglesias y agujas solían ser vulnerables antes del invento del pararrayos.

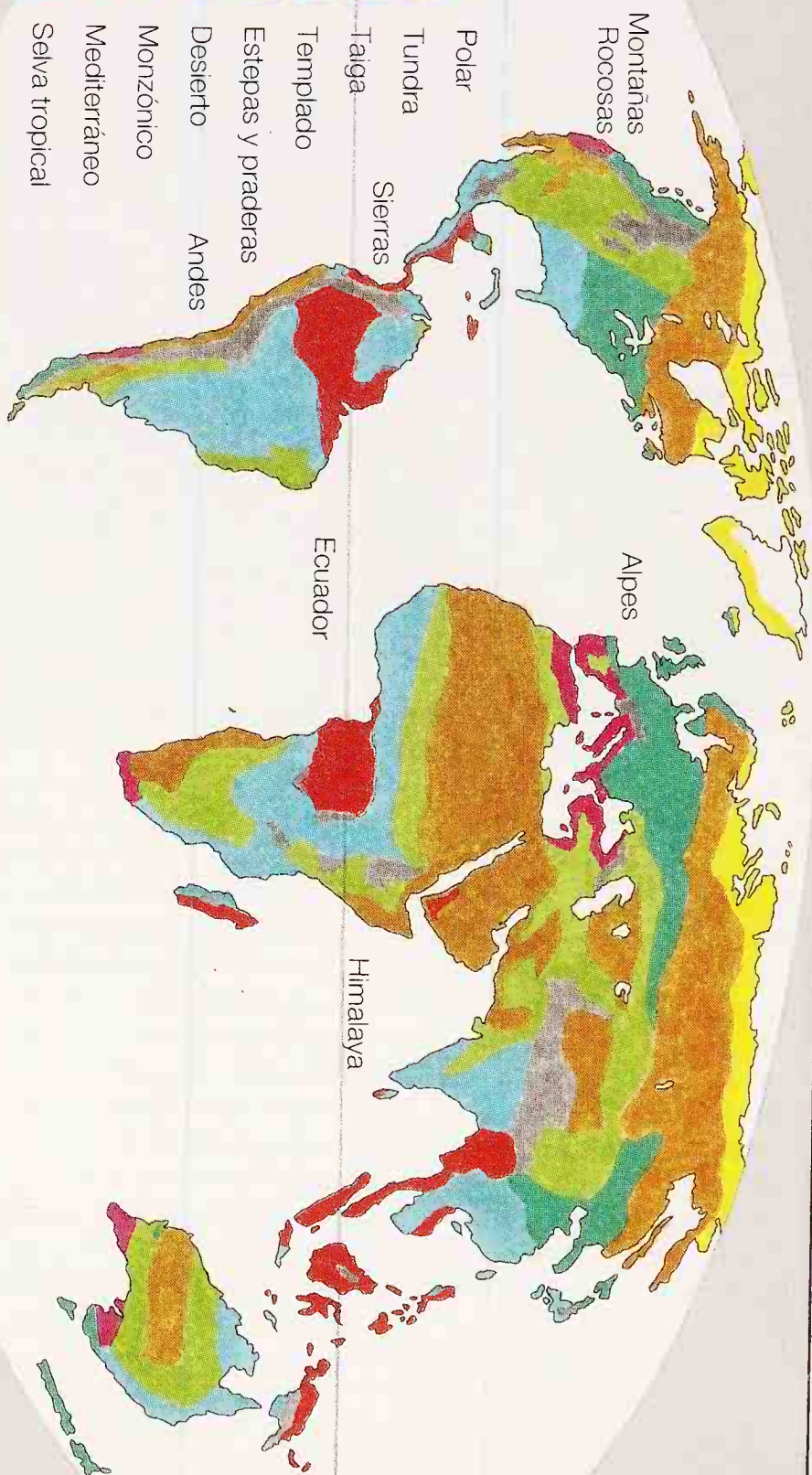




El rayo es el resultado de la actividad eléctrica en una nube de tormenta. Las cargas eléctricas se separan dentro de una nube gigante, de modo que la cima de la nube queda cargada de electricidad positiva, y de electricidad negativa el resto de la nube. El rayo resulta de la atracción de cargas eléctricas contrarias en el interior de una nube, entre dos nubes o entre una nube y el suelo. Puesto que el aire conduce mal la electricidad, la «descarga conductora» de la nube a la tierra viaja bastante lentamente, formando un delgado canal de enlace de aire ionizado que sólo se hace visible cuando el rayo se acerca a la tierra. El brillo cegador del relámpago ahorquillado que vemos es la «descarga de retorno», que recorre a gran velocidad (140.000 km/s) este canal en un movimiento de ida y vuelta y calienta el aire que lo rodea a temperaturas inmensamente altas (hasta 30.000 °C). El relampagueo es la luz de un rayo que sólo se ve reflejada en las nubes. Hay muchos registros anecdóticos de otra clase de rayos: las bolas de fuego, un fenómeno que aún no tiene una explicación científica satisfactoria.



# Climas del mundo





# El clima

El clima de una zona es el conjunto de condiciones meteorológicas a las que normalmente está sometido a lo largo de todo el año. Los principales determinantes del clima son la temperatura y la pluviosidad y sus variaciones. La distancia al Ecuador, la latitud, es una de las principales influencias sobre el clima, pues determina tanto la temperatura promedio como el carácter más o menos marcado de las estaciones. Debido a que la superficie de la Tierra es curva, la cantidad de radiación solar recibida por unidad de superficie disminuye a medida que nos desplazamos desde el Ecuador hacia los Polos. La zona próxima al Ecuador recibe el máximo y los polos el mínimo (véase **Temperatura**). Puesto que el eje de la Tierra está también inclinado, la cantidad de radiación que se recibe en los polos y en las latitudes medias norte y sur (entre 40 y 60°) también varía a lo largo del año a medida que la Tierra hace su viaje anual alrededor del Sol. La variación en la duración del día y la noche y las diferencias de temperatura en distintas épocas del año dan estaciones claramente marcadas en estas latitudes, cada una con su propio tiempo estacional. En el Ecuador, al contrario, la longitud del día y la temperatura son bastante constantes a lo largo del año.

En la misma latitud, los climas varían en función de la distancia al mar y de la presencia de cadenas de altas montañas que detienen las nubes. Las regiones marítimas experimentan variaciones menos extremas en temperatura y pluviosidad entre invierno y verano que los interiores continentales, pues los océanos tienen una influencia moderadora. Las aguas profundas se calientan y enfrían mucho más lentamente que la tierra, y así los océanos tienden a ejercer una influencia refrescante en la estación más calurosa y son una fuente de calor en invierno.

## Zonas climáticas

La combinación de pluviosidad y temperatura y la manera en que varían durante el año dan a cada zona climática una vegetación típica, y es por ésta que suelen clasificarse los climas. En el mapa de la página opuesta están marcadas las principales zonas de clima/vegetación: glacial (**polar**), **tundra**, templada fría (**taiga**), **templada** cálida, **mediterránea**, pradera seca (**pradera**, **estepa** y **sabana**), las zonas monzónicas del sudeste de Asia, **selva tropical** y **desierto**.



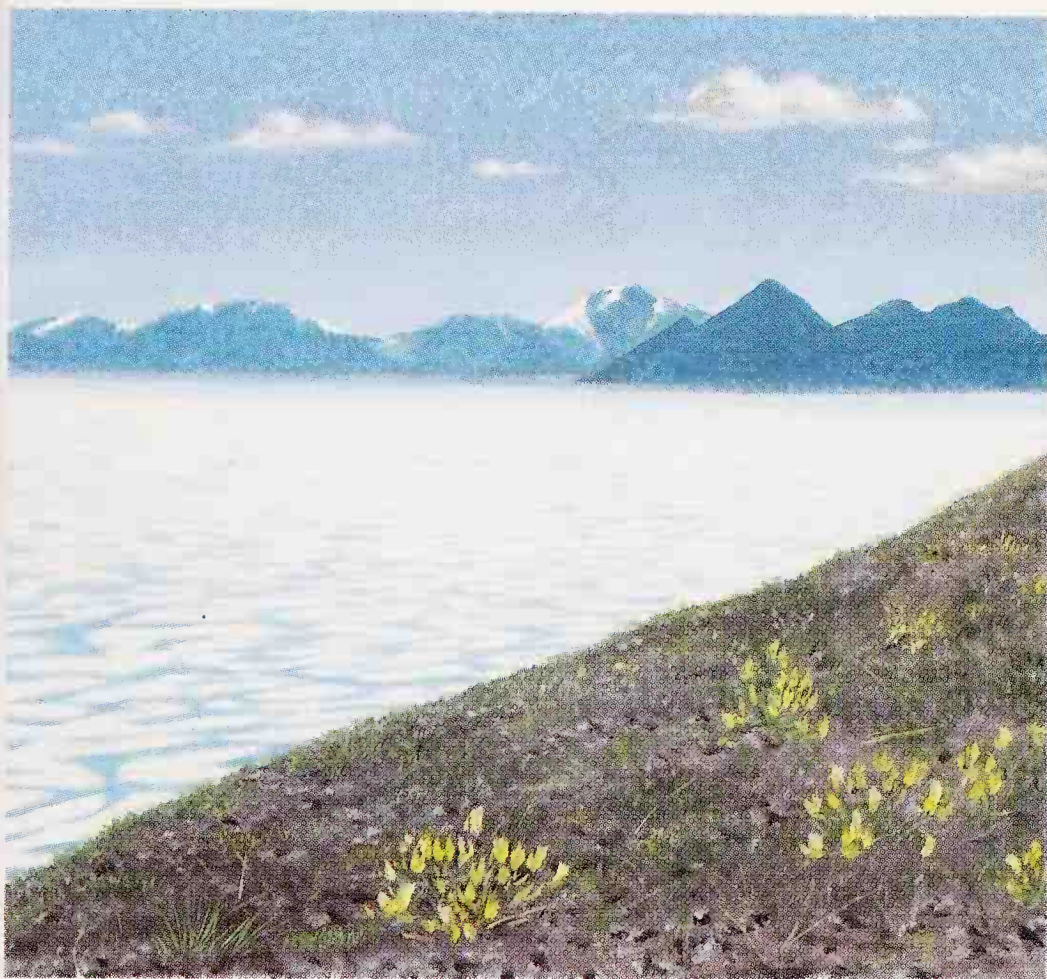
# El clima polar



Los climas glaciares del Ártico y el Antártico tienen unas temperaturas medias por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$  en el mes más cálido del verano. Hay allí una cubierta permanente de nieve y hielo. El Ártico es un océano con una carga permanente de hielo, rodeado de tierras, mientras que la Antártida es un continente aislado bordeado por una franja de mar helado y rodeado por el océano. El aire es frío y seco, y hay poca o ninguna precipitación; la que cae es en forma de nieve. La capa permanente de nieve refleja la mayor parte de la radiación solar, lo que ayuda a mantener baja la temperatura en verano. Las condiciones polares se presentan también en las cimas de las altas montañas fuera de las regiones polares. En los polos mismos, hay un período de unos 6 meses de luz de día en «verano» y 6 meses de noche continua en «invierno». Las condiciones más duras de la Tierra son las de la altiplanicie antártica, donde el frío polar se intensifica por la altitud sobre el nivel del mar y los fuertes vientos. En la base soviética de Vodstok, a más de 3.000 m sobre el nivel del mar, la temperatura media anual es de  $-57^{\circ}\text{C}$  y la temperatura promedio en julio (invierno antártico) puede descender hasta  $-88^{\circ}\text{C}$ . La caída de nieve no se ha registrado nunca.



# La tundra



En el Ártico, las tierras inmediatamente próximas a la capa permanente de hielo forman la tundra, una vasta región sin árboles que se extiende hasta el límite norte en que pueden crecer las plantas. La temperatura media en el mes más cálido del verano sube por encima de  $0^{\circ}\text{C}$  pero nunca pasa de  $10^{\circ}\text{C}$ . Esto es suficiente, sin embargo, para fundir la nieve y permitir crecer a las plantas, aunque a un metro por debajo de la superficie el suelo está permanentemente helado. La vegetación de líquenes, musgos y hierbas, plantas perennes con flores y algunos arbustos está adaptada para aprovechar al máximo el corto verano, que puede durar solamente un mes o dos. En invierno, la cubierta persistente de nieve ayuda a proteger la vegetación de las bajas temperaturas (por debajo de  $-30^{\circ}\text{C}$  en enero). Aunque la precipitación es baja (corrientemente menor de 250 mm anuales), el suelo se mantiene húmedo pues la nieve fundida no puede filtrarse a través de la capa helada, ni evaporarse en el aire frío. Un tipo similar de vegetación se encuentra mucho más al sur en las montañas altas. En los Alpes, esta zona de «tundra» comienza a los 2.000 m aproximadamente.



# La taiga



Al sur de la tundra se extiende la taiga, una zona principalmente de bosques de coníferas mezcladas con árboles resistentes de hoja caduca, como abedules y sauces. Se define por una temperatura media por encima de  $10^{\circ}\text{C}$  en el mes más caluroso del verano (julio) y una temperatura media por debajo de  $-3^{\circ}\text{C}$  en el mes más frío del invierno. Se extiende a través de Escandinavia, Rusia y Canadá. Los inviernos largos, fríos y secos son seguidos por un corto verano. Casi toda la lluvia y la nieve caen entre mayo y octubre, y algunas de las diferencias de temperaturas más extremas se experimentan en los interiores continentales. Una variación de entre  $30^{\circ}\text{C}$  en julio y  $-30^{\circ}\text{C}$  en enero es bastante corriente.



# El clima templado



La mayor parte de Europa tiene clima templado, caracterizado por una temperatura de más de 10 °C en el mes más cálido y lluvia (o nieve en invierno) a lo largo de todo el año. En París y Londres, por ejemplo, el período más seco es en primavera (unos 42 mm de lluvia en abril) y el más húmedo en otoño e invierno (56 mm en enero en París y 58 mm en octubre en Londres). Dentro de este gran dominio climático, los climas marítimos suaves y variables de Europa occidental y del noroeste de Norteamérica contrastan con los climas continentales de Europa Central, este de Norteamérica y nordeste de Asia. La pluviosidad oscila entre 50 cm y más de 350 cm anuales (en el Pacífico noroccidental). En las zonas marítimas la temperatura rara vez sube por encima de 25 °C o baja mucho más de 0 °C. Las zonas continentales son más calientes en verano, con lluvia en forma de chubascos tormentosos, y más frías y secas en invierno, cuando las temperaturas bajo cero persisten largos períodos. La vegetación natural que cubre la Europa templada y Norteamérica oriental es el bosque de hoja ancha caduca, actualmente talado en gran parte en favor de la agricultura. Al noroeste de Norteamérica crecen algunos de los árboles más grandes del mundo.



# El clima mediterráneo



Alrededor del mar Mediterráneo, el clima es cálido y seco en verano, y suave y húmedo en invierno, con temperaturas medias entre 20 y 27 °C en verano y entre 4 y 13 °C en invierno. La pluviosidad está entre 40 y 80 cm, y el agua cae mayormente en invierno, entre noviembre y marzo. Rara vez nieva, pero pueden presentarse heladas nocturnas en invierno. Este tipo de clima se encuentra también en California, partes de Chile, Sudáfrica y sudoeste de Australia. La cubierta natural son los árboles de hoja perenne, tales como (en Europa) la encina y el alcornoque, y coníferas, especialmente pinos; pero siglos de pastoreo intensivo y roturación alrededor del Mediterráneo han reemplazado en su mayor parte este bosque abierto por monte bajo (arbustos bajos y espesuras de pequeños árboles perennes). El Mediterráneo está sujeto a varios **vientos locales** característicos. Además del mistral y el siroco, el bora, viento frío del noreste, sopla desde el interior de la antigua Yugoslavia a las tierras costeras; la tramontana, viento frío y seco del norte, barre la costa mediterránea de España, y el levante, viento húmedo del este, sopla desde el Mediterráneo oriental hasta el estrecho de Gibraltar.



# Estepas y praderas



La pradera seca natural de la llanura de Norteamérica se ha transformado ahora en una de las principales zonas de cultivo de trigo del mundo. Las estepas y praderas del hemisferio norte se extienden en el interior de Norteamérica y Euroasia, separadas de los vientos cargados de humedad por la barrera de las montañas Rocosas en el primer caso y por la distancia al océano en el otro. Los inviernos son largos y duros con nieve y temperaturas bajo cero, seguidos de veranos cortos y calurosos con temperaturas de 16 a 20 °C. Con precipitaciones (lluvia y nieve) de menos de 100 cm al año, el clima es demasiado seco generalmente para que crezcan bien los árboles y se desarrolle un bosque continuo. La vegetación natural es la hierba y flores herbáceas. Otras praderas templadas son el veld de Sudáfrica, las pampas de Sudamérica y las llanuras de Australia. Las praderas tropicales incluyen las sabanas de África, entre la selva ecuatorial y el Sahara. En los márgenes del desierto la lluvia anual es baja (unos 25 a 50 cm) y fuertemente estacional, y las temperaturas del verano alcanzan los 40 °C. En las zonas cercanas al Ecuador, la caída de lluvia es de 90 a 150 cm anuales, pero, como casi toda el agua se evapora por la elevada temperatura, la tierra es seca.





# Selva tropical



A cada lado del Ecuador, entre las latitudes de  $5^{\circ}$  S y  $10^{\circ}$  N, la pluviosidad entre 200 y 400 cm y la temperatura constante de unos  $27^{\circ}\text{C}$  mantienen la lujuriante selva tropical. Tan cerca del Ecuador no hay estaciones marcadas y el crecimiento vegetal continúa durante todo el año. La alta pluviosidad procede de cúmulos que se forman continuamente en el aire cálido que se eleva en el Ecuador (véase **Circulación general**), y las **tormentas eléctricas** son corrientes. Las principales zonas de selva tropical están en la cuenca del Amazonas en Sudamérica, la cuenca del Zaire en África y el sudeste de Asia, desde Sri Lanka a Tailandia, pasando por Filipinas y Malasia hasta Nueva Guinea y el extremo noreste de Australia. La selva tropical está desapareciendo actualmente a un ritmo alarmante.





Los desiertos están en zonas de alta presión casi permanente, o en regiones defendidas de los vientos húmedos por barreras de altas montañas. La caída de lluvia, inferior a 10 cm anuales, es irregular y se evapora rápidamente. El desierto de Atacama en la costa oeste de Sudamérica tiene menos de 2 cm de lluvia por año. Esta franja costera es desértica porque los vientos dominantes no soplan del mar sino del interior y son detenidos por los Andes. En verano, la temperatura de los desiertos calientes sube rápidamente por encima de los 40 °C durante el día, pero las noches del desierto pueden ser frías, pues el suelo desnudo pierde calor con rapidez. Las plantas del desierto están adaptadas para conservar la humedad y son plantas suculentas (como los cactus), arbustos espinosos o plantas anuales cuyas semillas aguardan la lluvia para germinar. El desierto más grande del mundo es el Sahara, con sus dunas de arena cambiantes y la mayor temperatura registrada: 57,8 °C. Los principales desiertos cálidos son el desierto central australiano, el de Atacama y el Kalahari en África del Sur. El desierto de Gobi, de Asia central, y los desiertos norteamericanos de California, Arizona y México se llaman a veces desiertos «fríos» debido a sus bajas temperaturas invernales.

# Previsiones meteorológicas

Las previsiones del tiempo a corto plazo son actualmente lo más precisas que pueden ser. Las variaciones locales se presentan a veces en zonas de pocos kilómetros, y, si usted llega a dominar las peculiaridades del tiempo en su localidad, podrá interpretar mejor la previsión general del tiempo.

Las previsiones anunciadas por los Servicios Meteorológicos nacionales dependen de la recogida de toda la información posible sobre el tiempo y las condiciones atmosféricas de tantos lugares como sea posible. En momentos del día establecidos se envían los datos de las estaciones meteorológicas a los centros regionales o nacionales de previsión. La información se introduce entonces en ordenadores y se imprime rápidamente en mapas para dar una imagen instantánea de toda la zona en un momento dado. Los centros meteorológicos de todo el mundo están unidos en una red internacional e intercambian información. Una vez que se han procesado los datos, meteorólogos expertos dibujan las isobaras y frentes y hacen una previsión del tiempo para una zona concreta y un período que puede ser desde unas pocas horas a unos pocos días. Actualmente son ayudados por algunos de los ordenadores más potentes del mundo y por imágenes de satélite que muestran los sistemas meteorológicos que se aproximan.

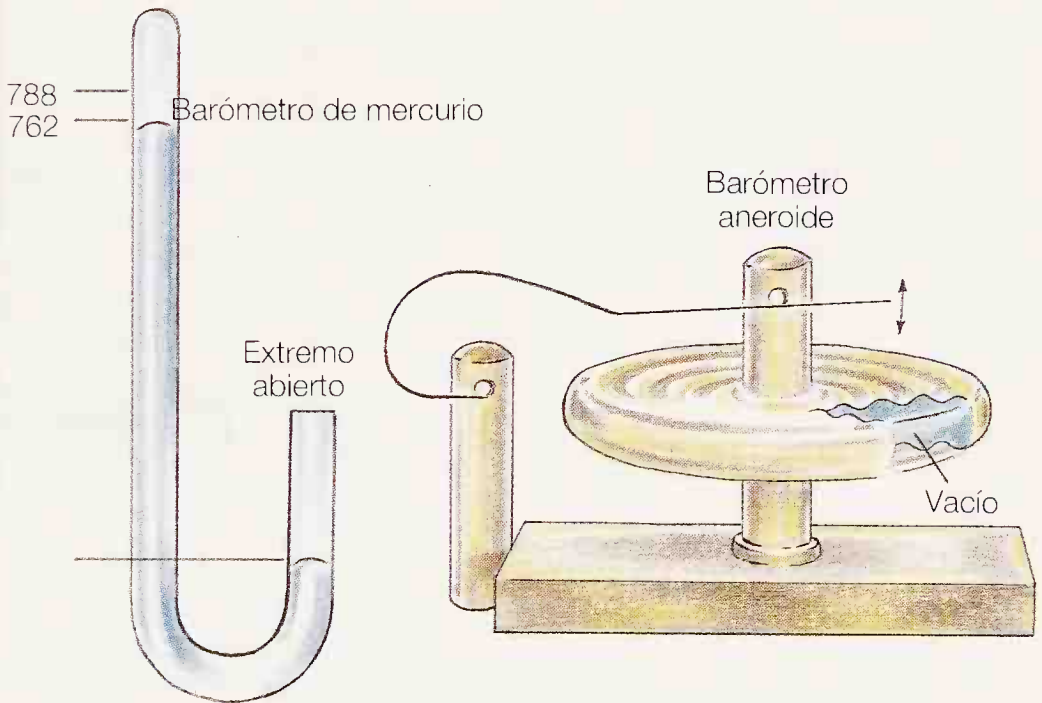
Diariamente se publican previsiones nacionales y regionales para el público en general a través de la prensa, televisión y radio, y se preparan previsiones más localizadas y especializadas para aquellos cuyos medios de vida, o incluso cuya vida, dependen del tiempo atmosférico.

Los datos primarios en que se basan las previsiones proceden de las estaciones meteorológicas de tierra, de barcos y globos meteorológicos que llevan instrumentos incluso a lo alto de la troposfera, y de los satélites que observan la Tierra desde el espacio.

Pero usted no necesita un satélite para hacer por sí mismo un estudio del tiempo. Puede llevar un diario del tiempo con un equipo de unos pocos instrumentos. Son esenciales un **barómetro** para medir la presión atmosférica y un **termómetro** de máxima y mínima para medir la temperatura. Un **pluviómetro** para medir la lluvia caída se construye con facilidad, y se puede usar la escala de Beaufort (véanse páginas 124/125) para estimar la velocidad del viento. También es sencillo aprender a reconocer el tipo de nubes en el cielo y a medir a ojo la cobertura de nubes.



# La presión

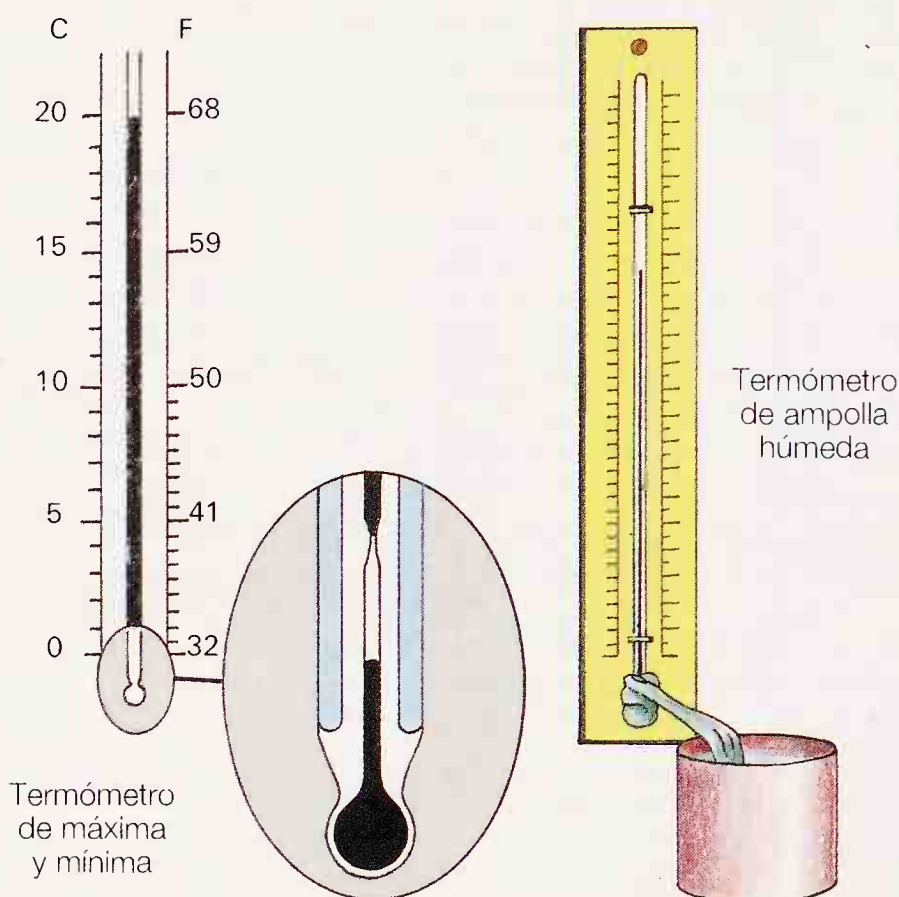


mb	965	982	999	1016	1033
pulgadas	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5
mm	724	737	749	762	775

La **presión atmosférica** se mide con un barómetro. Hay dos tipos principales: de mercurio y anerode (o metálico). El barómetro de mercurio mide la presión por la altura de la columna de mercurio. El tipo anerode tiene un recipiente metálico parcialmente vacío de aire con una tapa ondulada que se mueve hacia adentro y afuera según cambia la presión; es ligeramente menos exacto pero más cómodo. No preste atención a las indicaciones de «Lluvia», «Variable», «Buen tiempo» que tradicionalmente adornan las escalas de los barómetros domésticos, pues pueden ser engañosas. Aunque la presión alta a menudo acompaña al buen tiempo y la baja presión al malo, esto no es siempre así, y son los cambios de presión, más que la presión absoluta, lo que lo ayudará a predecir el tiempo. A menos que se encuentre a nivel del mar, necesitará calibrar el barómetro para el cambio de presión con la altitud, de manera que pueda comparar sus lecturas con las dadas por el servicio meteorológico. Su centro meteorológico local lo ayudará. Los barómetros modernos están graduados en milibares (aproximadamente, de 940 a 1.060 mb); los instrumentos más antiguos tienen el equivalente en pulgadas (29 a 31) o milímetros (737 a 787) de mercurio.



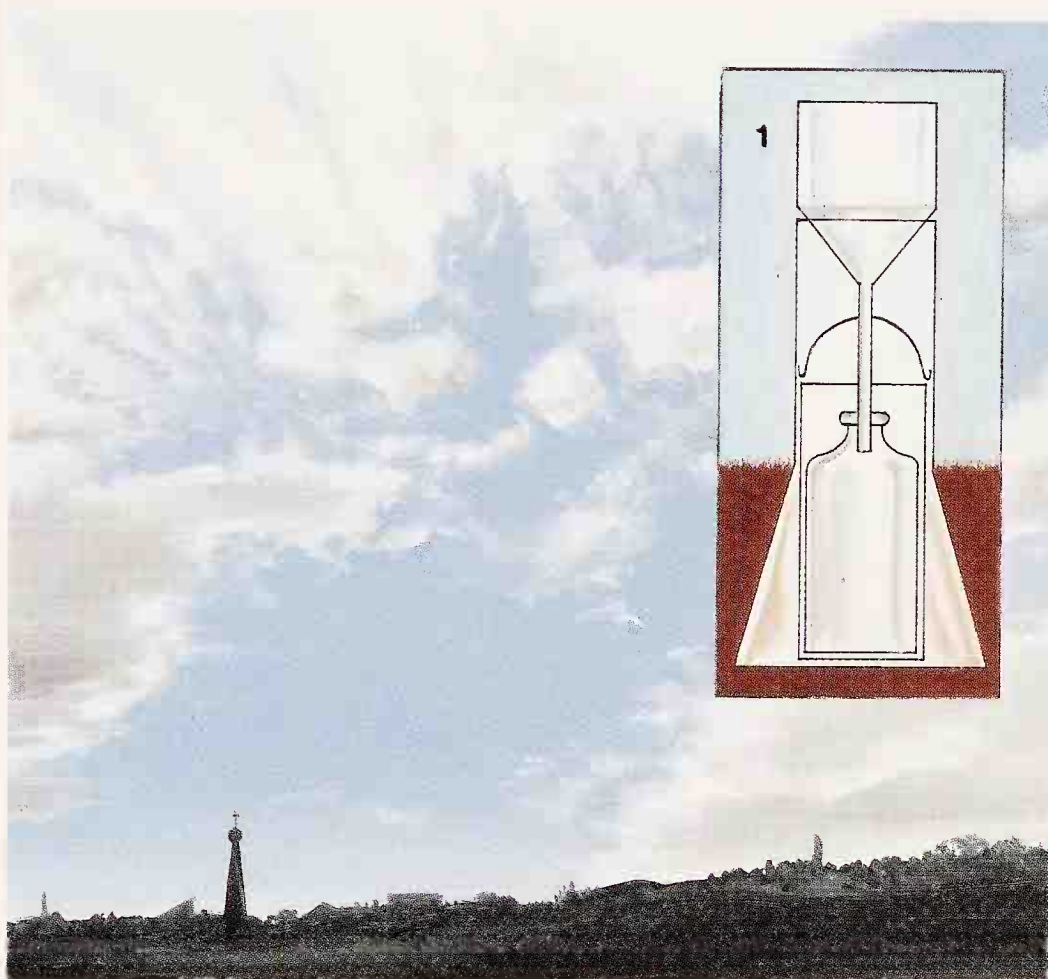
# Temperatura y humedad



La temperatura del aire se mide en grados centígrados (°C) o grados Fahrenheit (°F),\* con un termómetro situado en el exterior, en un lugar en sombra y bien ventilado. Para proteger los termómetros del efecto de calentamiento de la luz solar directa se colocan corrientemente detrás de una «pantalla de Stevenson», la caja blanca de tablillas que se ve en las estaciones meteorológicas. Para el observador casual, la mejor alternativa es un muro de cara al norte. Un termómetro poco costoso para climas uniformes es un termómetro de jardín de máxima y mínima, que mantiene registradas las temperaturas máxima y mínima de las últimas 24 h. En el registro oficial de las temperaturas mínimas, se emplea un termómetro de alcohol pues el mercurio solidifica a  $-39,87^{\circ}\text{C}$ . Un termómetro de mercurio con la ampolla cubierta de muselina, que se mantiene húmeda mediante un recipiente con agua, se convierte en un termómetro de «ampolla húmeda» para medir la humedad. En el aire seco, el agua se evapora rápidamente de la muselina y enfría el termómetro; en aire saturado la evaporación no existe y el termómetro registra la temperatura ambiente. La diferencia entre las lecturas de un termómetro de ampolla húmeda y un termómetro ordinario da una medida de la humedad.



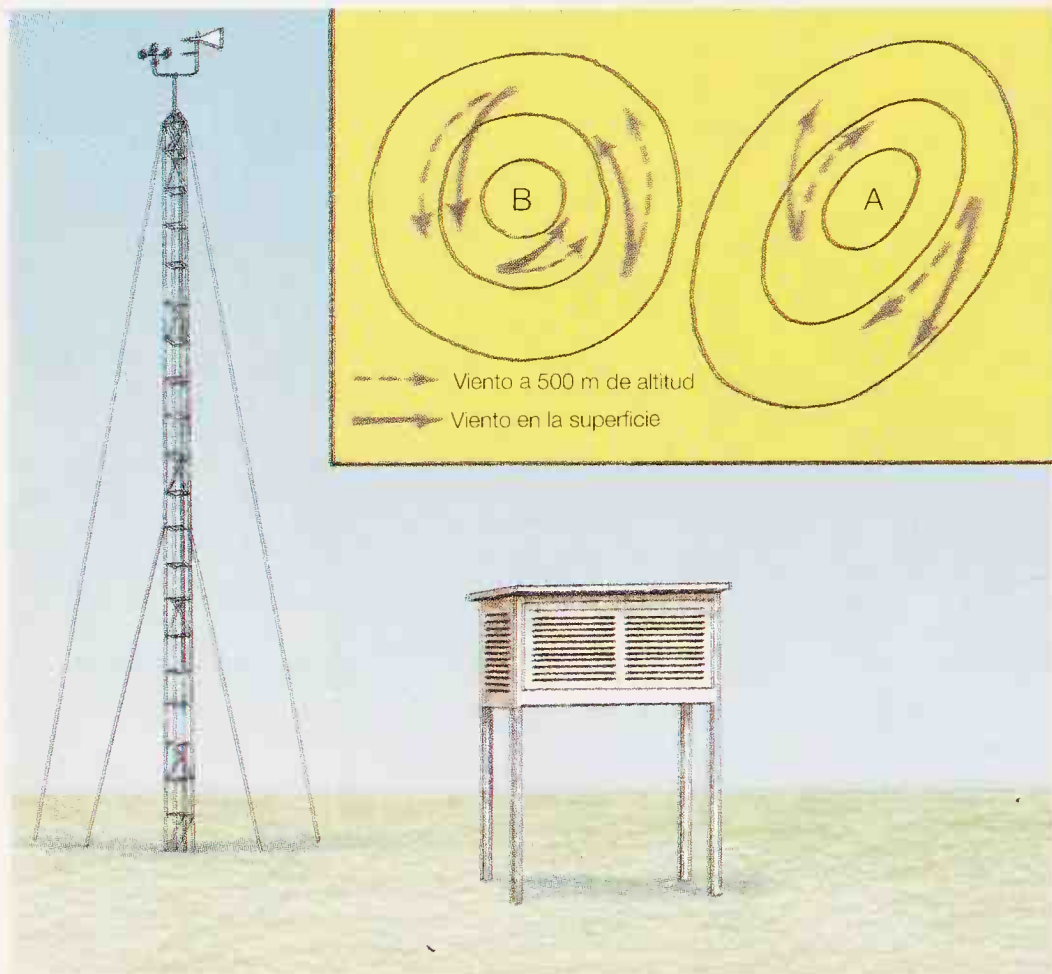
# Pluviosidad y nebulosidad



Además del barómetro (corrientemente colocado puertas adentro) y una serie de termómetros alojados en su pantalla de Stevenson, una estación meteorológica básica deberá incluir un pluviómetro (1) para medir la lluvia caída. Éste es un recipiente de metal con un embudo con la abertura de una medida normalizada que se coloca alejado de cualquier obstáculo y se vacía a períodos determinados. Se mide el agua y la medida se convierte en milímetros de lluvia caída por metro cuadrado, es decir la altura en milímetros con que la lluvia (o nieve) caída durante un cierto período cubriría el suelo si no se drenase ni evaporase. Un pluviómetro doméstico puede improvisarse fácilmente. La nebulosidad no cuesta nada de medir, pues se estima a ojo la zona cubierta de nubes en octavos (octas) del total del cielo. El cielo despejado se registra como 0/8; el cielo completamente cubierto, como 8/8, y el cielo medio nublado (como el de la ilustración), como 4/8. También pueden usarse los símbolos representados en el glosario. Para efectuar la medición, las nubes dispersas se reúnen en una sola masa.



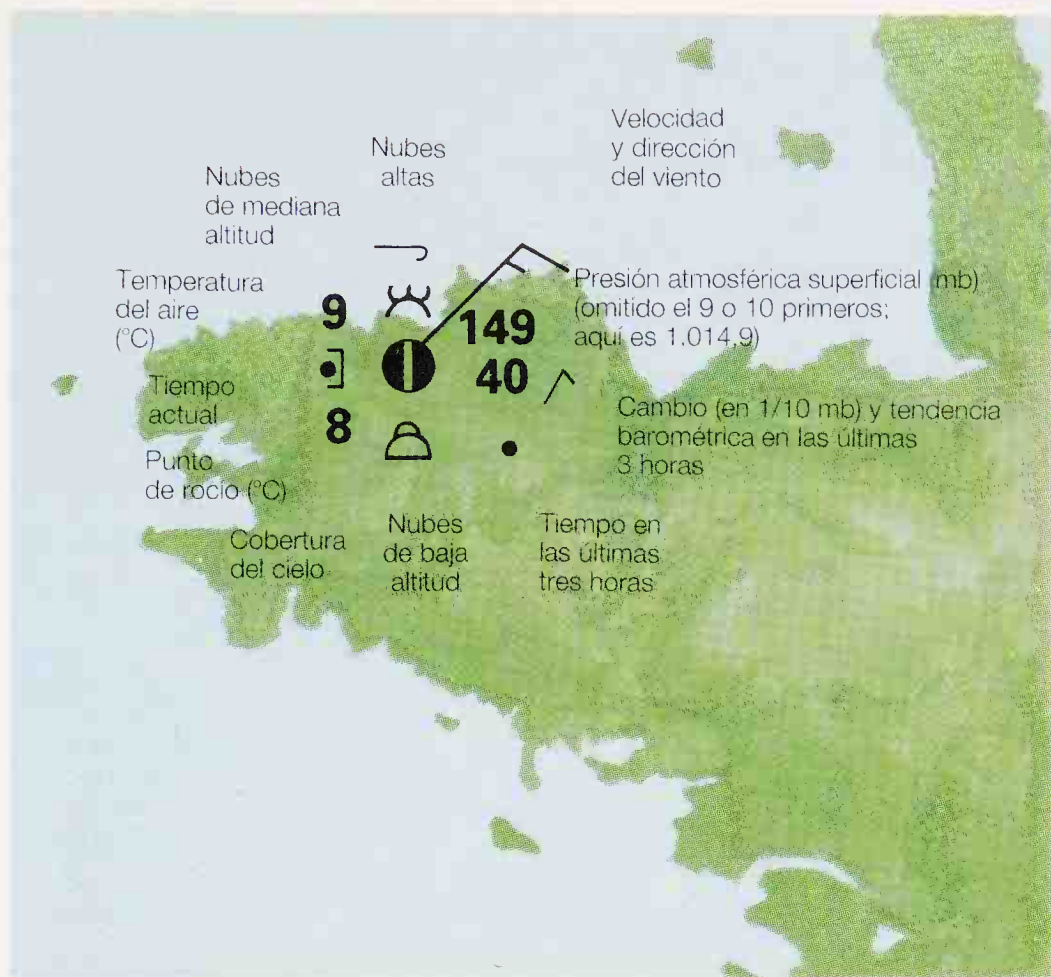
# Velocidad y dirección del viento



Una estación meteorológica oficial estará equipada con instrumentos como un anemómetro de cazoletas para medir la velocidad del viento, la cual se registra generalmente como velocidad promedio en un período de 10 minutos. El anemómetro se monta en un mástil junto con una veleta para ver la dirección del viento. El aficionado puede hacer una buena estimación de la velocidad del viento utilizando la escala Beaufort (véanse pags. 124/125). Aprender la dirección del viento es a menudo difícil, en especial en la ciudad, en un jardín rodeado de edificios y árboles. Puede ser útil observar la dirección en que se mueven las nubes a unos 500 m de altitud, pero recuerde que el viento junto al suelo es desviado por fricción hasta 20 o 30° hacia un centro de baja presión o hacia afuera de un centro de alta presión. Utilice la regla de Buys Ballot (pág. 83) para determinar dónde está la zona de baja presión.



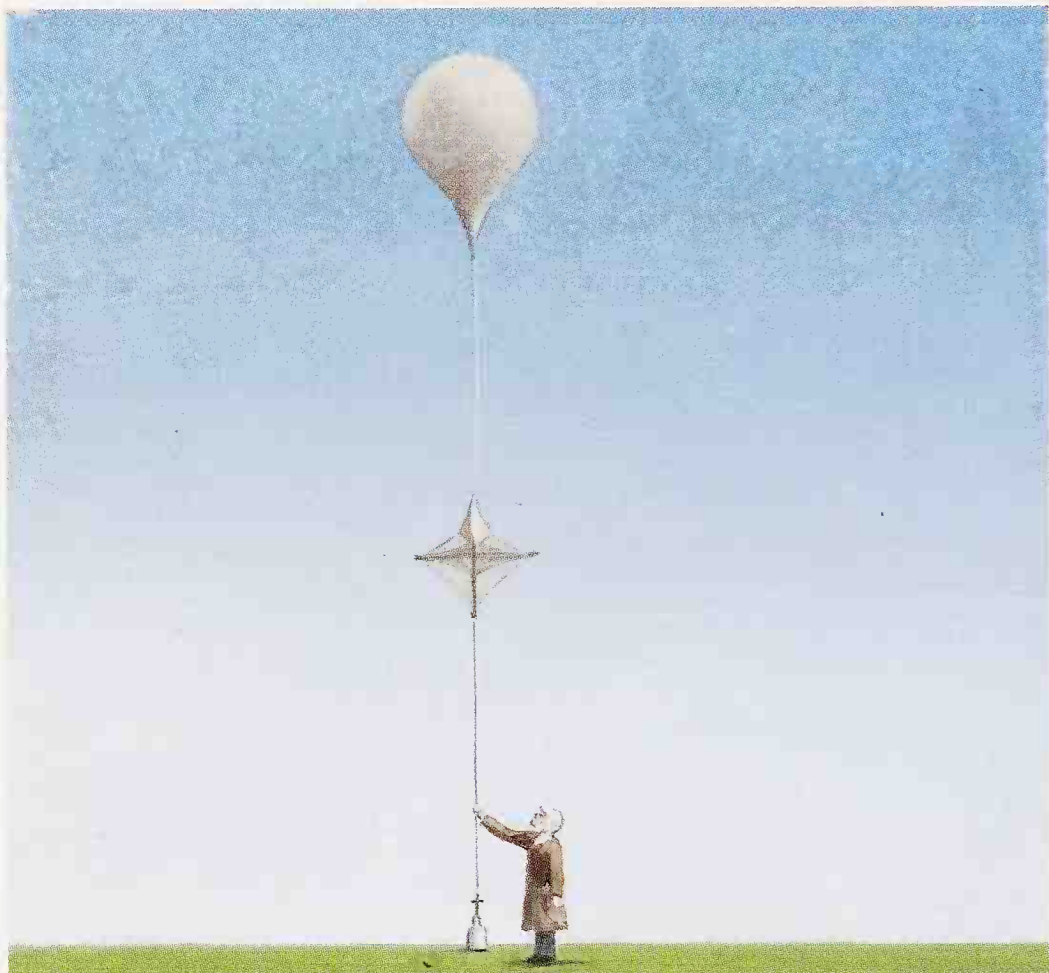
# Registro meteorológico



Después de anotar la temperatura, la presión y el sentido en que varia, la velocidad y la dirección del viento, la nebulosidad y los tipos de nubes, deberá completar el diario registrando el tiempo real del día. Los meteorólogos diferencian unos cien tipos diferentes de tiempo y fenómenos meteorológicos, desde la llovizna al tornado. Pero usted puede registrar el tiempo claramente en términos de unas pocas categorías de sentido común: (1) estado del cielo (¿está azul, parcialmente nuboso, nuboso o cubierto?); (2) precipitación (¿hay lluvia, llovizna, chaparrón, nieve, granizo o aguanieve?); (3) fenómenos eléctricos (¿está en medio de una tormenta eléctrica o puede oír truenos distantes, o ver relámpagos en la lejanía?); (4) visibilidad (¿hay neblina, calima o niebla?) y (5) fenómenos en el suelo (rocío, escarcha). La ilustración muestra cómo se resume el estado del tiempo y las condiciones atmosféricas en los registros de una estación meteorológica, utilizando símbolos convencionales internacionales (véase el Glosario).

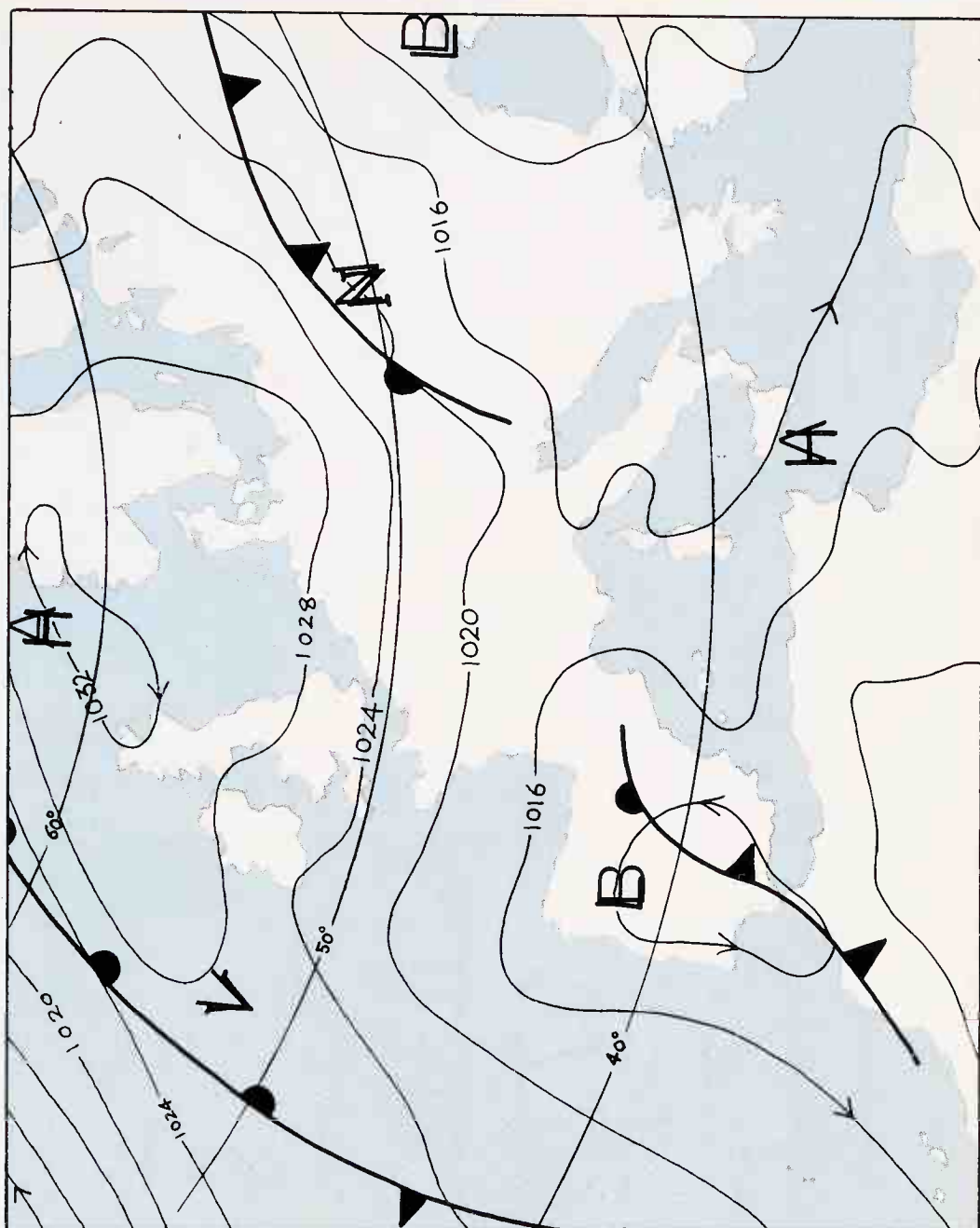


# Globos y satélites



Las observaciones a nivel del suelo sólo pueden dar una imagen parcial del tiempo. Para hacer un pronóstico meteorológico preciso se necesita también conocer las condiciones atmosféricas en lo alto. Globos meteorológicos llevan instrumentos hasta altitudes de 35 km para medir la temperatura, la presión y la humedad. La información se envía al suelo continuamente mediante señales de radio. Nuestro conocimiento del tiempo en el mundo ha sido transformado por los satélites. Los satélites geoestacionarios, puestos en órbita a unos 36.000 km por encima del Ecuador, se mueven sobre él a la misma velocidad de rotación que la Tierra y así observan siempre la misma zona. Los satélites de órbita polar dan la vuelta a la Tierra de polo a polo a unos 840 km de altura, tardando unos 100 minutos en completar una órbita. En cada órbita observan una faja de la superficie de la Tierra de alrededor de 3.000 km de ancho, y en 24 h cubren la totalidad del globo, enviando una imagen continua que a su vez captan las estaciones receptoras. Los satélites dan una vista a ojo de pájaro de los sistemas meteorológicos y son especialmente valiosos para explorar los océanos, los polos y los trópicos, donde son escasas las mediciones en la superficie.





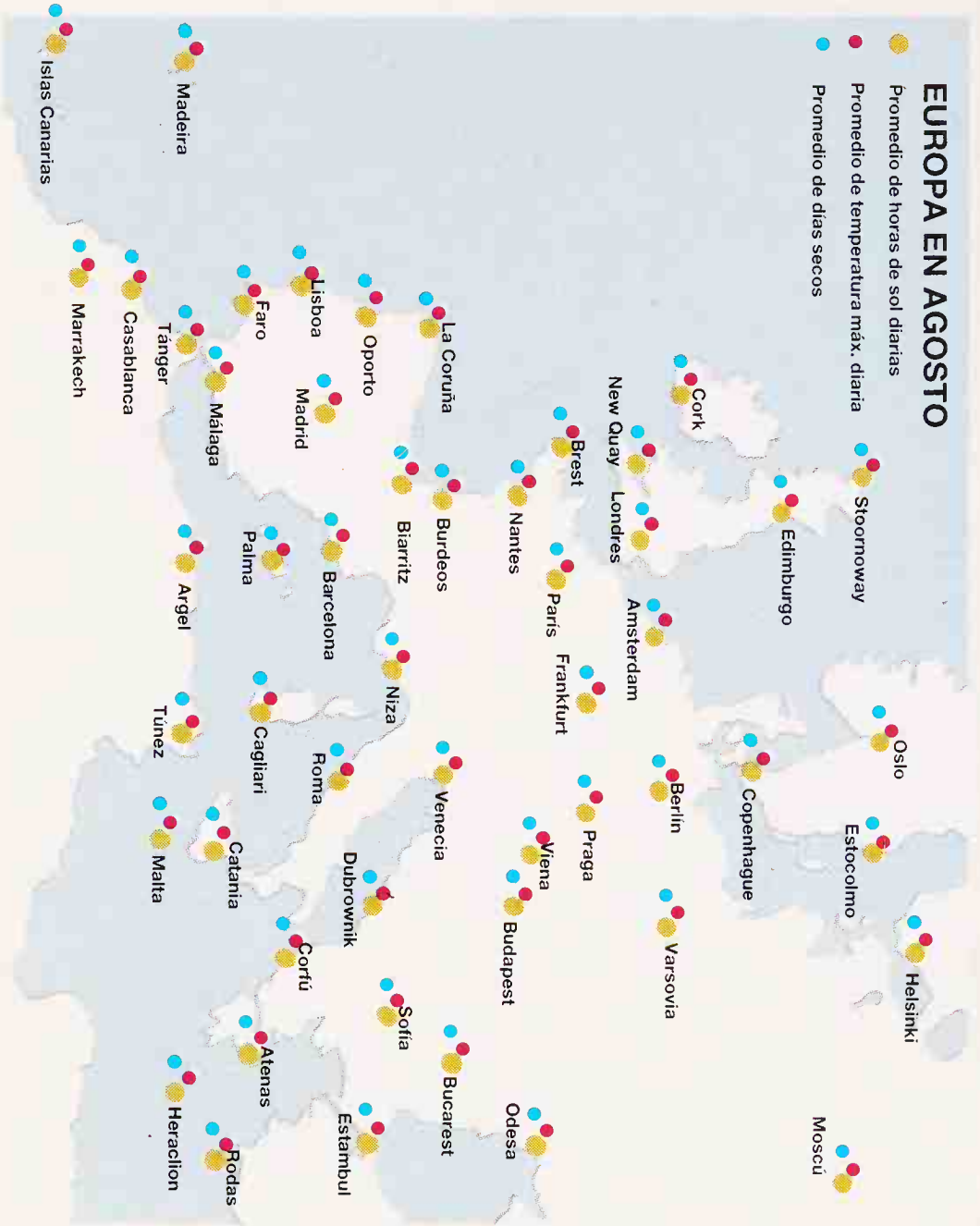
Mapas meteorológicos como éste se preparan diariamente por los Servicios Meteorológicos Nacionales, partiendo de series de registros de estaciones como el mostrado en la página 117. Se representa la presión en superficie dibujando las isobaras y la posición estimada de los frentes. Este mapa representa la situación en un día de verano. Un frente cálido (V) está situado en el Atlántico, impedido de avanzar hacia el este por la gran zona de altas presiones (A) situada sobre Escandinavia y norte de las Islas Británicas.



# El tiempo para las vacaciones

## EUROPA EN AGOSTO

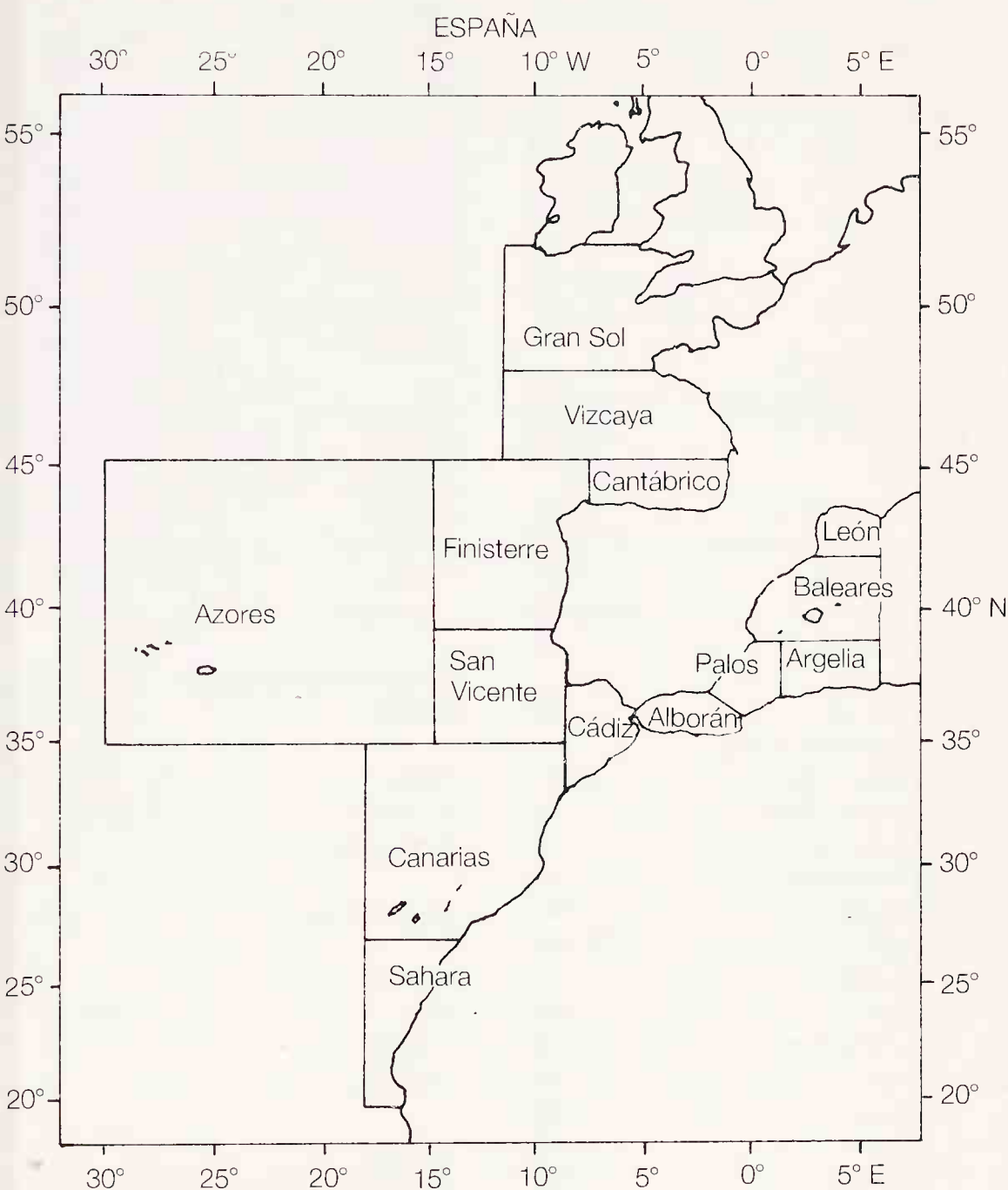
- Promedio de horas de sol diarias
- Promedio de temperatura máx. diaria
- Promedio de días secos



Para ayudarlo a planear sus vacaciones, los Servicios Meteorológicos proporcionan información sobre el tiempo que puede esperarse a lo largo del año en las principales ciudades y zonas turísticas. Este mapa muestra el promedio de las temperaturas, horas de sol diarias y número de días secos durante agosto en toda Europa.



# Previsión para la navegación



Los barcos en el mar reciben boletines meteorológicos especiales. El mar está dividido en zonas definidas. Los servicios meteorológicos oficiales proporcionan información sobre las condiciones del tiempo presentes y previstas, que transmiten a los barcos por fax, teléfono o emisoras de radio regulares. Se publican avisos de temporal cuando se esperan vientos de fuerza 8 o más, ráfagas de 43 a 51 nudos. En la figura se muestra el mapa de las zonas utilizado por los servicios meteorológicos de España.

# Indice

Agua	24, 25, 69	Depresión	31
ciclo del	25, 68, 69	Diablos de agua	90
Alineaciones de nubes	51	Diablos de polvo	90
Alto cúmulos (Ac)	44	Diablos de tierra	90
Alto estratos (As)	45		
Anticiclones	32	Efecto invernadero	17, 18
Arco iris	94	Escarcha	67
Atmósfera	14, 15	Espectro del Brocken	95
Aureola	95	Espejismos	98
Auroras	99	Estelas	60
Avalancha	81	Estratocúmulos	47
		Estratos	48
Barómetro	113		
Beaufort, escala de	124, 125	Falsos soles	96
Brisas	86	Foehn	92
		Fractus	49
Capa de ozono	14, 16	Frentes	30, 33-35
Chorro, corrientes en	21	cálidos	33
Chubascos	74	fríos	34
Ciclo del agua	25, 68, 69	ocluidos	35
Ciclones	31		
Cielo		Globos meteorológicos	118
color del	93	Granizo	77
rojo al anochecer	36		
Circulación general	20, 21	Halos	43, 96
Copos de nieve	79	Humedad	24, 114
Cirrocúmulos (Cc)	42	Huracanes	88
Cirroestratos (Cs)	43		
Cirros (Ci)	41	Inundaciones	75
Climas	102, 103		
desierto	111	Llovizna	73
estepa	109	Lluvia	69, 72
mediterráneo	108	ácida	72
polar	104	cálida	71
pradera	109		
taiga	106	Mamma	55
templado	107	Mapas del tiempo	27, 119, 120, 121
tropical	110	Masas de aire	28, 29
tundra	105	Mistral	92
Coriolis, efecto	83	Monzón	23, 102, 103
Coronas	97		
Corrientes oceánicas	22, 23	Neblina	61
Cristales de hielo	79	Nebulosidad	115
Cúmulos	50	Niebla	61-64
Cúmulos castellanus	56	de mar	63
Cúmulos congestus	52	de radiación	62
Cumulonimbos	54	de vapor	64



Nieve	78, 79	Satélites	118
Nimboestratos (Ns)	46	Sequía	76
Nube	37-60	Siroco	92
cubierta de	38, 115	Sistemas meteorológicos	26
de montaña	57, 59	<i>Smog</i>	65
en bandera	59		
formación de	39	Temperatura	17, 18, 20, 114
lenticulares	58	Tempestades	87
tipos de	40	Temporales	87
Observación del tiempo	112	Tiempo, registro del	117
Olas de marea	91	Tormentas eléctricas	100
Ozono	16	Tornado	89
		Torres de nubes	56
Parhelio	96	Trombas marinas	90
Pilar solar	96		
Pileus	53	Vacaciones, tiempo para las	120
Pluviosidad	115	Vientos	20, 21, 82, 116
Presión atmosférica	19, 113	generales	84, 85
Previsión meteorológica	120, 121	locales	92
Rayo	101	Ventiscas	80
Rocío	66	Virga	73

# Escala Beaufort

Fuerza	Denominación	Estado del mar	Efectos en tierra	Velocidad	
				Nudos	Km/h
0	Calma	Mar como un espejo	Sin viento. El humo asciende verticalmente	< 1	< 1
1	Ventolina	Rizos con apariencia de escamas, sin espuma en las crestas	Sin viento apreciable. Las veletas permanecen quietas pero el humo se desvía	1-3	1-5
2	Brisa muy débil Viento flojito	Olitas pequeñas pero pronunciadas. Crestas vidriosas que no rompen	El viento se siente en la cara; se mueven las veletas. Rumor en las hojas	4-6	6-11
3	Brisa débil Viento flojo	Olitas grandes, las crestas comienzan a romper. Espuma vidriosa. Comienzan a aparecer cabrillas	Cabello y ropas se desarreglan. Las banderas ligeras se extienden; las hojas y ramas pequeñas se mueven constantemente	7-10	12-19
4	Brisa moderada Bonancible	Olas pequeñas que se hacen más largas. Cabrillas frecuentes	El cabello se revuelve. Se levanta polvo y papeles sueltos. Mueve pequeñas ramas	11-16	20-28
5	Brisa fresca Fresquito	Olas moderadas de forma alargada. Muchas cabrillas, algunas salpicaduras	Viento desagradable, cuya fuerza se siente sobre el cuerpo. Los arbustos con hojas comienzan a curvarse	17-21	29-38
6	Brisa fuerte Fresco	Algunas olas grandes. Extensas crestas de espuma blanca, algunas salpicaduras	Dificultad de andar tranquilamente; paraguas difíciles de controlar; se mueven las ramas grandes; los hilos de telégrafo silban	22-27	39-49





3 9999 03286 193 0

*Pygahung J June*

*D-Abbey TEL 4/45-039K*

*PRC PAT*

*Wim Till*

*ANN MARY*

*JANOR JOE*

*OF*

*- BOSTON -*

*(ROXBURY)*

**WITHDRAWN**

No longer the property of the  
Boston Public Library.

Use of this material restricted. See Library

# FENOMENOS ATMOSFERICOS

Este libro es una completa guía sobre un tema que nos afecta a todos. Explica con detalle lo que se necesita saber sobre la atmósfera, los sistemas meteorológicos, las nubes, los vientos y otros aspectos del clima, siempre en términos sencillos y fáciles de comprender. Las ilustraciones a todo color y los diagramas complementan el texto informativo y ayudan a reconocer los distintos tipos de clima y fenómenos meteorológicos y a comprender sus causas.



ISBN 84-329-1689-7

